

Aalto-yliopisto
Perustieteiden korkeakoulu
Matematiikan ja operaatiotutkimuksen maisteriohjelma

Johanna Piipponen

Kulkutapaosuuksien vuosittaisesta arvioinnista HSL-alueella

Diplomi-insinöörin tutkintoa varten tarkastettavaksi jätetty diplomityö.

Espoo, 20. heinäkuuta 2017

Valvoja: Apulaisprofessori Pauliina Ilmonen
Ohjaaja: Diplomi-insinööri Marko Vihervuori

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

Aalto-yliopisto

Perustieteiden korkeakoulu

Matematiikan ja operaatiotutkimuksen maisteriohjelma

DIPLOMITYÖN

TIIVISTELMÄ

Tekijä:	Johanna Piipponen		
Työn nimi:	Kulikutapaosuuksien vuosittaisesta arvioinnista HSL-alueella		
Päiväys:	20. heinäkuuta 2017	Sivumäärä:	63
Pääaine:	Systeemi- ja operaatiotutkimus	Koodi:	SCI3055
Valvoja:	Apulaisprofessori Pauliina Ilmonen		
Ohjaaja:	Diplomi-insinööri Marko Vihervuori		
<p>Työn tavoitteena on kehittää menetelmä kulikutapaosuuksien vuosittaiseen arviointiin HSL-alueella. Menetelmän tulee olla kevyt ja tukeutua automaattisesti kertyviin liikenneaineistoihin. Työssä onnistuttiin kehittämään kuormitusmenetelmä, joka on nopea ja edullinen vaihtoehto kalliille ja aikaavieville liikkumistutkimuksille. Menetelmää varten koottiin täysin uusi joukkoliikennelinjojen kuormitusprofiiliaineisto, joka ei aiemmin ollut liikennesuunnittelijoiden käytettävissä.</p> <p>Joukkoliikenteen ja henkilöautoilun kulikutapaosuudet muodostettiin pääkaupunkiseudun matkustussuoritteesta QGIS-paikkatieto-ohjelmistossa syksyn 2014 tilanteessa. Autoliikennettä kuvattiin liikennelaskenta-aineistolla. Joukkoliikenteen kuormitusprofiilit muodostettiin R-ohjelmalla matkalippuaineistosta, automaattisten matkustajalaskentalaitteiden aineistoista ja lautan käsinlaskenta-aineistoista. Metron, pyöräilyn ja kävelyn aineistot osoittautuivat puutteellisiksi kuormitusmenetelmää varten.</p> <p>Pääkaupunkiseudun joukkoliikenteen matkustussuoritteeksi saatiin 6 172 270 hlökm/arkivrk ja autoliikenteen 18 689 300 hlökm/arkivrk eli joukkoliikenteen kulikutapaosuus oli 25 %. Liikennesuunnittelun tueksi tuotettiin havainnollinen visualisointi joukkoliikennelinjojen kuormitusprofileista ja liikenneväylien kuormituksesta eri tieosilla.</p> <p>Tulokset ovat uskottavia liikkumistutkimuksen ja henkilöliikennelaskentojen tuloksiin verrattuna, vaikka erilaiset tutkimusasetelmat tuovatkin haastetta vertailuun. Metron puuttuminen vähentää joukkoliikenteen osuutta, mutta toisaalta joukkoliikenteen aineisto on maantieteellisesti kattavampaa kuin autoliikenteen aineisto. Menetelmän käytettävyys paranee autoliikenteen paikkatietokuvausta tarkentamalla, eri tietokantojen rajapintoja lisäämällä sekä metron ja raitiovaunujen aineistoja kohentamalla. Kuormitusmenetelmä soveltuu erinomaisesti myös muille kaupunkiseuduille, joissa on saatavilla liikennelaskenta- ja kuormitusprofiiliaineistoja.</p>			
Asiasanat:	kulikutapajakauma, kulikutapaosuus, kuormitus, liikennemäärät, matkustajalaskenta, matkustajamäärät, paikkatieto		
Kieli:	suomi		

Author:	Johanna Piipponen		
Title:	On estimating annual mode shares in HSL area		
Date:	July 20, 2017	Pages:	63
Major:	Systems and Operations Research	Code:	SCI3055
Supervisor:	Assistant Professor Pauliina Ilmonen		
Advisor:	Marko Vihervuori M.Sc. (Tech.)		
<p>The purpose of this master's thesis is to develop a method to estimate annual mode shares in HSL area. The method should be lightweight and based on automatically collected data. A fast and inexpensive method was successfully developed and it is a suitable alternative for time-consuming and expensive travel behaviour studies. The method utilizes completely new average load profile data on transit lines which previously was not available for transport planners.</p> <p>The mode shares of public transport and cars were calculated from the passenger kilometers in Helsinki metropolitan area in autumn 2014 with QGIS geographic information system. Car traffic was described with traffic flow data. Average load profiles were composed with R software from travel card data, automatic passenger counting data, and manual countings on ferries. Data from the metro, bicycles and pedestrians proved to be unsuitable for this method.</p> <p>The performance of public transport in Helsinki metropolitan region was 6 172 270 passenger-kilometers per weekday, and the performance of cars was 18 689 300 passenger-kilometers per weekday. The mode share of public transport was 25 %. To support the work of transport planners, we created a geographical visualisation of the average load profiles on public transport lines, and the average load on roads.</p> <p>The results are credible compared to travel behaviour studies and travel flow measurements even though different research frames make comparison difficult. The lack of metro data decreases the mode share of public transport. On the other hand, the public transport data is geographically more extensive than that of car traffic. The usability of the method will improve by adapting a more precise geographical network of car traffic flow measurements, adding interfaces to different databases, and improving the data from trams and metro. The method suits very well to other city areas too as long as traffic flow data and load profile data is available there.</p>			
Keywords:	geographical information, load, modal split, mode share, passenger counting, passenger volume, traffic flow		
Language:	Finnish		

Alkusanat

Haluan kiittää Helsingin seudun liikennettä diplomityöpaikan tarjoamisesta. Kiitos ohjaajalleni Marko Vihervuorelle hyvistä ideoista menetelmävalintojen ja työn sisällön kanssa. Suuri kiitos myös HSL:n Natalia Berezinalle, Timo Elolähteelle, Iituliina Hyyryselle, Matleena Lindeqvistille, Liisa Maanaviljalle, Tuomas Mikkolalle, Katja Onnenlehdolle ja Pekka Rädylle, jotka auttoivat tämän diplomityön aineistojen kanssa.

Kiitos valvojalleni Pauliina Ilmoselle innostavista keskusteluista, hyvästä ohjauksesta ja tuesta molemmissa opinnäytetöissäni.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni ja läheisiäni kaikesta saamastani tuesta opintojen aikana ja niiden ulkopuolella. Kiitos äidille ja isälle kannustuksesta ja siitä, että kotona on aina turvapaikka etelän hälyltä. Kiitos Juhalle kirittämisestä opintosuoritusten kanssa. Kiitos Riitalle ja Jarille kaikesta avusta. Kiitos erityisesti Valtterille siitä, että osaat aina palauttaa ilon jokaiseen huonoon päivään.

Espoo, 20. heinäkuuta 2017

Johanna Piipponen

Keskeiset käsitteet

arkivuorokausi	Liikennesuunnittelussa käytetty aikamääritelmä. Arkivuorokausia ovat viikonpäivät maanantaista torstaihin siten, että vuorokausi vaihtuu aamuyöllä. Useimmiten tarkastellaan syksyn arkivuorokausia.
Helsingin seudun työssäkäyntialue	37 kuntaa Uudeltamaalta, Itä-Uudeltamaalta ja Riihimäen seudulta vuosien 2007–2008 kuntajaon mukaan.
Helsingin seutu	HSL-alue ja Hyvinkää, Järvenpää, Mäntsälä, Nurmijärvi, Pornainen, Tuusula ja Vihti. Kutsutaan myös nimellä Helsingin seudun 14 kuntaa.
henkilöauton keskiuormitus	Tunnusluku, joka kuvaa sitä, kuinka monta henkilöä keskimäärin matkustaa henkilöautossa yhtä aikaa. Keskiuormitus on aina vähintään yksi, sillä henkilöautossa on ainakin kuljettaja.
henkilökilometri	Mittayksikkö, joka kuvaa henkilöliikenteen matkustusmäärää. Käytetään myös nimitystä matkustajakilometri (passenger kilometer). Saadaan matkustajien (henkilöä) ja kuljetun matkan (kilometriä) tulona. Jos esimerkiksi kaksi henkilöä matkustaa viisi kilometriä, saadaan kymmenen henkilökilometriä (hlökm). Mikäli matkat eivät ole yhteneviä, henkilökilometrit saadaan summaamalla kaikkien matkustajien matkojen pituudet yhteen.
henkilöliikennetutkimus	Vuodesta 1974 lähtien toteutettu Liikenneviraston valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus (HLT) on kuuden vuoden välein toistettava kyselytutkimus. Henkilöliikennetutkimuksessa tutkitaan suomalaisten liikkumista vuoden aikana.
HLT	ks. henkilöliikennetutkimus
HSL	Helsingin seudun liikennelaitos -kuntayhtymä
HSL-alue	Helsinki, Vantaa, Espoo, Kauniainen, Kerava, Kirkkonummi ja Sipoo

Jore	HSL:n joukkoliikenteen perusrekisteri (Jore) sisältää tietoa muun muassa joukkoliikennelinjoista, reiteistä, pysäkeistä ja aikatauluista. Osa Joren tiedoista julkaistaan avoimina infopointoina.
KAVL	Keskimääräinen arkivuorokausiliikenne
keskimatka	Tunnusluku, joka kuvaa sitä, mikä on liikennemuodolla tehdyn yhden keskimääräisen matkan pituus. Jos tutkitaan kahta lähijunamatkaa, 2 km ja 4 km, lähijunan keskimatkan pituus on 3 km. Vrt. henkilökilometreihin: jos yksi henkilö matkustaa 2 km ja 4 km, saadaan 6 hlökm.
kulikutapa	Kulikutapa tarkoittaa matkan suoritustapaa. Kulikutapa voi olla esimerkiksi henkilöauto, joukkoliikenne, kävely tai pyöräily.
kulikutapajakauma	Usein pylväs- tai piirakkadiagrammi, jossa esitellään kulkutapaosuudet niin, että osuuksien summa on 100 %.
kulikutapaosuus	Kulikutapaosuus tarkoittaa tietyn henkilöliikenteen kulkutavan osuutta koko henkilöliikenteestä. Kulikutapaosuus lasketaan osuutena tehdyistä matkoista tai matkustussuoritteesta.
kuormitusprofiili	Kuormitusprofiili tarkoittaa joukkoliikennelinjan kuormitusta pysäkinvälittain.
KVL	Keskimääräinen vuorokausiliikenne
LAM	Liikenteen automaattinen mittausasema
liikennemuoto	Liikennemuoto tarkoittaa liikenteen jaottelua liikennevälineen mukaan. Liikennemuotoja voivat olla esimerkiksi henkilöauto, lähijuna, bussi ja polkupyörä.
liikkumistutkimus	Liikkumistutkimus on vuodesta 1966 lähtien toteutettu HSL:n kyselytutkimus. Liikkumistutkimuksessa tutkitaan Helsingin seudun asukkaiden liikkumista keskimääräisenä syksyn arkipäivänä ja se toistetaan vaihtelevin väliajoin.
LIJ	Lippu- ja informaatiojärjestelmä
L-info	Liikenteen infokanta
LVM	Liikenne- ja viestintäministeriö
matka	Matka on siirtyminen paikasta toiseen eli esimerkiksi kotoa työpaikalle. Matkoja eivät ole omassa pihapiirissä tapahtuvat siirtymät. Pienet poikkeamat esimerkiksi kioskille eivät katkaise matkaa, mutta meno- ja paluumatka ovat eri matkoja. Matkalla on aina tarkoitus kuten työmatka tai ulkoilu. Yksi matka voi sisältää vaihtoja kulkuvälineestä toiseen.
matkaluku	Tunnusluku, joka kuvaa sitä, kuinka monta matkaa yksi henkilö tekee aikayksikössä keskimäärin (matkaa/hlö/arkivrk).

matkasuorite	Tunnusluku, joka kuvaa sitä, kuinka monta kilometriä yksi henkilö keskimäärin matkustaa aikayksikössä (km/hlö/arkivrk). Saadaan jakamalla aikayksikössä kertyneet henkilökilometrit tutkittavien henkilöiden lukumäärällä. Vrt. keskimatka: matkasuorite käsittää kaikki tehdyt matkat aikayksikössä, mutta keskimatka vain yhden matkan. Matkasuoritteesta saadaan keskimatkan pituudet jakamalla liikennemuodot matkaluvuilla.
matkustajalaskenta	Matkustajalaskennassa lasketaan joukkoliikennemuodon nousijoita joko käsin tai automaattisin laskentalaittein. Nimestään huolimatta tutkimuskohteena ovat joukkoliikennevälineeseen nousijat eivätkä matkustajat, jotka voivat tehdä useamman nousun matkan aikana.
matkustussuorite	Tunnusluku, joka kuvaa sitä, kuinka monta henkilökilometriä alueella matkustetaan aikayksikössä (hlökm/arkivrk).
nousu	Nousu tarkoittaa nousemista yhden joukkoliikennevälineen kyytiin. Nousijoita lasketaan matkalipputapahtumien ja automaattisilla matkustajalaskentalaitteiden avulla. Esimerkiksi matka kotoa bussilla terminaaliin ja sieltä junalla töihin rekisteröityy kahdeksi nousuksi ja sisältää yhden vaihdon.
sKAVL	Syksyn keskimääräinen arkivuorokausiliikenne
suorite	ks. matkasuorite tai matkustussuorite
TVH	Tie- ja vesirakennushallitus
U-liikenne	U-liikennettä ovat ne bussilinjat, joiden toinen päätepysäkki on HSL-alueen ulkopuolella, mutta niissä käyvät HSL:n lipputuotteet.
vaihto	Vaihto tarkoittaa siirtymistä joukkoliikennevälineestä toiseen saman matkan aikana. Esimerkiksi matka kotoa bussilla terminaaliin ja sieltä junalla töihin rekisteröityy kahdeksi nousuksi ja sisältää yhden vaihdon.
vuoro	Vuoro tarkoittaa yhtä joukkoliikennevälineen liikennöintiä lähtöpysäkiltä päätepysäkille aikataulun mukaan. Yhdellä joukkoliikennelinjalla on useita vuoroja päivässä. Matkalipputapahtumista puhuttaessa vuoro sisältää tiedon linjasta, suunnasta ja lähtöajasta.
YTV	Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV) oli Helsingin seudun liikenteen ja Helsingin seudun ympäristöpalveluiden edeltäjä vuoteen 2009 asti.

Sisältö

Keskeiset käsitteet	5
1 Johdanto	10
2 Aiempi tutkimus	12
2.1 Henkilöliikennetutkimukset	12
2.2 Poistumistietomenetelmä	14
2.3 Matkakorttiaineistot ulkomailla	14
2.4 Henkilöauton keskiuormitus	15
3 Aineistot	19
3.1 Joukkoliikenteen matkustajalaskenta	19
3.1.1 L-info	20
3.1.2 DILAX	21
3.1.3 MELA	22
3.1.4 Lati Web	23
3.2 Joukkoliikenteen perusrekisteri	23
3.3 Liikennemäärälaskennat tie- ja katuverkolla	23
3.4 Kävely- ja pyöräliikenteen aineistot	25
4 Tutkimusmenetelmä	30
4.1 Aineiston esikäsittely	30
4.1.1 Hakupäivät	30
4.1.2 Tietokantahakujen yksityiskohdat	31
4.2 Kuormitustiedon muodostaminen	34
4.3 Paikkatiedon muodostaminen	36

<i>SISÄLTÖ</i>	9
4.4 Taustakartta	37
4.5 Matkustussuoritteiden laskeminen	38
5 Tulokset	40
6 Pohdinta	42
6.1 Aineistojen luotettavuus	42
6.2 Tulosten arviointi	44
6.3 Kuormitusmenetelmä liikkumistutkimusten välivuolina	47
6.4 Kehitysehdotukset	49
7 Yhteenveto	52
Kirjallisuusluettelo	55
A Taulukot	60

Luku 1

Johdanto

Lisääntyvä henkilöautoilu on ollut suurkaupunkien ongelma jo monta vuosikymmentä. Henkilöautoilu luo kasvihuonepäästöjä ja sen vaatima infrastruktuuri vie tilaa muilta kaupungin rakennushankkeilta. Kaupungit ja joukkoliikenneoperaattorit ovat kuitenkin alkaneet suunnitella kaupunkiympäristöä ja liikennettä jalankulku, pyöräily ja joukkoliikenne edellä. Kestävien kulkutapojen käyttöä lisääviä hankkeita on priorisoitu esimerkiksi rakentamalla uusia pyöräteitä ja raiteita. Hankkeiden tueksi tarvitaan tietoa siitä, miten henkilöautoilun ja kestävien kulkutapojen osuudet kehittyvät. Halutaan siis tietää, onko hankkeilla vaikutusta ihmisten kulkutapavalintoihin.

Helsingin seudun liikenteen (HSL) yksi strateginen tavoite on ohjata liikenteen kasvu kestäviin kulkutapoihin eli joukkoliikenteeseen, kävelyyn ja pyöräilyyn. Tavoitteen toteutumista mitataan muun muassa laskemalla joukkoliikenteen osuutta moottoroidusta liikenteestä tietyillä laskentapaikoilla. (HSLH 2016) Mittarin ongelma on se, että kulkutapajakaumaa mitataan hyvin paikallisesti ja käsinlaskentoihin nojautuen ja tiedon luotettavuutta on vaikea arvioida. Uskottavin kulkutapajakauma määritetään HSL:n liikkumistutkimuksissa, jotka ovat vaihtelevin väliajoin toistettavia kyselytutkimuksia. Liikkumistutkimuksissa selvitetään joukkoliikennematkojen ja henkilöautomatkojen kulkumuoto-osuudet sekä niiden suhde. Liikkumistutkimuksia tehdään kuitenkin harvakseltaan, sillä ne ovat kyselytutkimuksina kalliita ja vievät paljon aikaa. Edellinen liikkumistutkimus on vuodelta 2012, jonka jälkeen on valmistunut useita suuria joukkoliikennehankkeita, joilla on todennäköisesti ollut suuri vaikutus kulkutapaosuuksiin.

Tämän työn tavoitteena on kehittää uusi menetelmä, jolla arvioidaan pääkaupunkiseudun ja HSL-alueen sisällä vuosittain tehtyjen matkojen kulkutapaosuuksia kattavammin kuin aikaisemmin. Kevyellä ja edullisella menetelmällä on tarkoitus arvioida kulkutapaosuuksia ja niiden muutoksia erityisesti liikkumistutkimusten välivuosina. Menetelmän tulee käyttää aineistoja, joita kerätään pääosin automaattisilla laskentalaitteilla, eikä se saa tukeutua vanhoihin liikkumistutkimuksiin tai niihin tukeutuviin menetelmiin kuten liikennemalliin. Menetelmän kehittämistä varten tutustutaan liikenneaineistoihin, joita HSL ja alueen kun-

nat keräävät. Eri aineistot yhdistetään ja niiden pohjalta luodaan matkustussuoritteeseen perustuva kulkutapaosuuden estimaatti. Lisäksi annetaan kehitysehdotuksia menetelmälle ja sen käyttämille aineistoille, jotta estimaatin tarkkuutta voidaan parantaa.

Tässä diplomityössä käydään läpi menetelmän tausta, aineisto, käytännön toteutus ja kehitysehdotukset. Luvussa 2 tutustutaan siihen, miten kulkutapaosuuksia on aiemmin muodostettu, mihin tutkimuksiin tässä työssä kehitetty menetelmä nojaa ja millaisia joukkoliikenneaineistoja ulkomailla kerätään. Luvussa 3 tutustutaan HSL:n joukkoliikenneaineistoihin ja pääkaupunkiseudun kuntien auto-, pyöräily- ja jalankulkuaineistoihin. Luvussa 4 kuvataan, millainen menetelmä aineistojen pohjalta kehitettiin ja miten se toimii. Luvussa 5 kerrotaan tulokset ja luvussa 6 verrataan tuloksia aiempiin tutkimuksiin, pohditaan tulosten luotettavuutta ja annetaan ehdotuksia menetelmän ja aineistojen kehittämiseksi. Lopuksi luvussa 7 on työn yhteenveto.

Luku 2

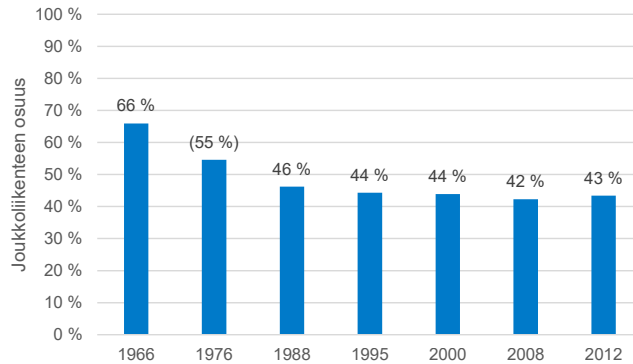
Aiempi tutkimus

Tämän työn tavoitteena on kehittää menetelmä, jolla voidaan arvioida kulkutapaosuuksia vuosittain. Kulkutapoja ovat joukkoliikenne, henkilöauto, pyöräily ja kävely. Tässä kappaleessa kerrotaan, miten kulkutapaosuuksia on tähän asti tutkittu suomalaisissa liikennetutkimuksissa. Lisäksi tutustutaan poistumistietomenetelmään, jossa estimoidaan jokaiselle matkakorttinousulle poistumispysäkki. Lopuksi nostetaan esiin esimerkkejä matkakorttiaineistojen keräämisestä ulkomailta.

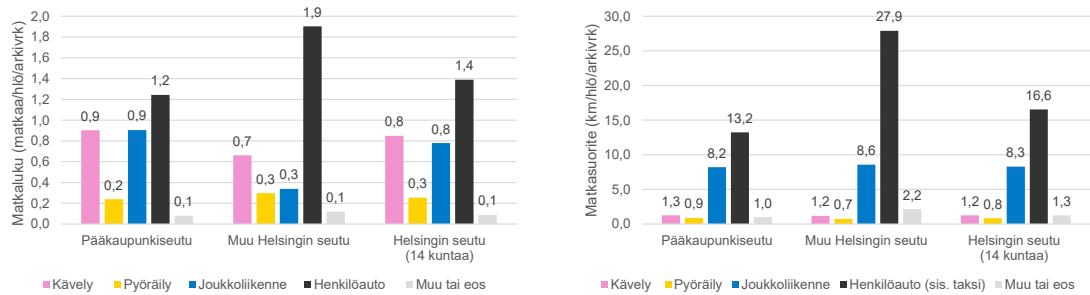
2.1 Henkilöliikennetutkimukset

HSL tuottaa vaihtelevin väliajoin henkilöliikennetutkimuksen, jota kutsutaan liikkumistutkimukseksi. Tutkimus on toteutettu vuosina 1966, 1976, 1988, 1995, 2000, 2007–2008 ja viimeksi vuonna 2012. Seuraava liikkumistutkimus toteutetaan vuonna 2018. Maantieteellinen raja-alue on muuttunut vuosien saatossa. Aluksi liikkumistutkimus toteutettiin pääkaupunkiseudun asukkaille. Vuonna 2008 mukana oli koko Helsingin seudun työ-
säkäyntialue, joka käsittää 37 kuntaa Uudeltamaalta, Itä-Uudeltamaalta ja Riihimäen seudulta (HSL 2010). Vuonna 2012 tutkimus rajattiin Helsingin seudun 14 kunnan asukkaille. HSL:n liikkumistutkimuksissa tutkitaan syksyn arkiliikennettä. Tutkimukset on toteutettu lähettämälle otokseen valituille asukkaille matkapäiväkirjat ja haastattelemalla asukkaat puhelimesta. Liikkumistutkimuksessa kysytään kysymyksiä päivän aikana tehdyistä matkoista sekä niiden kulkutavoista ja pituuksista. (HSL 2013)

Liikkumistutkimuksen perusteella lasketaan kulkutapaosuudet, jotka tässä työssä halutaan saavuttaa uudella menetelmällä. Kuvassa 2.1 näkyy joukkoliikenteen osuuden aikasarja tutkimusvuosittain. Osuus on laskettu pääkaupunkiseudun asukkaiden henkilöautolla ja joukkoliikenteellä tekemistä matkoista pääkaupunkiseudulla. Rajaukset on valittu siksi, että aikasarja kattaisi kaikki tutkimusvuodet. Maantieteellinen raja-alue ja kulkutavat ovat myöhemminä vuosina monipuolistuneet ja tästä ovat esimerkkinä kuvat 2.2a ja 2.2b, jossa kuvataan viiden eri kulkutavan matkalukuja ja matkasuoritteita kolmella eri maantieteellisellä



Kuva 2.1: Joukkoliikenteen osuus pääkaupunkiseudun asukkaiden henkilöautolla ja joukkoliikenteellä pääkaupunkiseudulla tekemistä matkoista tutkimusvuosina. (HSL 2013)



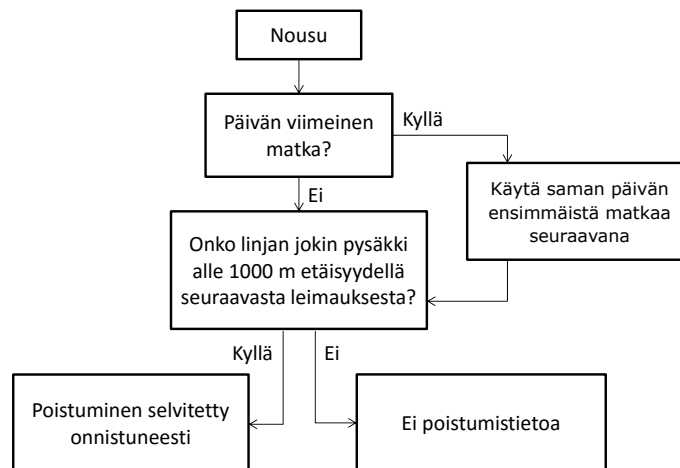
(a) Matkaluku (huomioitu kaikki matkat)

(b) Matkasuorite (huomioitu enintään 100 kilometrin pituiset matkat)

Kuva 2.2: Matkaluku ja matkasuorite Helsingin seudun alueella asuinpaikan ja pääasiallisen kulkutavan mukaan vuonna 2012. (HSL 2013)

alueella.

Vaikka kulkutapa voidaan määrittää myös matkustussuoritteiden suhteena, sen määrittäminen matkojen suhteena on yleistä Suomessa. Henkilöliikennetutkimuksia on tehty pääkaupunkiseudun lisäksi myös erikseen Helsingissä (Helsingin kaupunki 2016a) ja muun muassa Tampereella (Kalenoja & Tiikkaja 2013), Turussa (Strafica Oy 2009) ja Oulussa (Kalenoja & Kiiskilä 2010). Turun tutkimuksessa kulkutapaosuudet on raportoitu sekä matkojen että suoritteiden suhteena, mutta Helsingin, Tampereen ja Oulun tutkimuksissa vain matkojen suhteena. Liikennevirasto on tehnyt valtakunnallisia henkilöliikennetutkimuksia 1970-luvulta lähtien. Vuosilta 1998–1999, 2004–2005 ja 2010–2011 on vertailukelpoista tietoa sekä matkoista että suoritteista lasketuista kulkutapaosuuksista (Liikennevirasto 2012).



Kuva 2.3: Matkalipputapahtumien poistumistiedon selvittäminen. (Koponen 2014)

2.2 Poistumistietomenetelmä

Tässä diplomityössä kehitetään Koposen (2014) luomaa menetelmää, jolla täydennetään poistumistieto matkakorttitapahtumiin. Matkakorttijärjestelmä tunnistaa automaattisesti, millä vuorolla ja millä pysäkillä korttia käytetään, mutta ei sitä, millä pysäkillä asiakas poistuu liikennevälineestä. Poistumistiedon voi kuitenkin päätellä siitä, missä seuraava leimaus tapahtuu. Mikäli seuraava leimaus on sellaisella pysäkillä, joka on lähellä edellisen linjan reittiä, poistumispysäkin oletetaan olevan se pysäkki, joka on edellisen linjan reitillä lähimpänä seuraavaa nousupysäkkiä. Kuvassa 2.3 on kaaviokuva menetelmän toiminnasta.

Poistumistietomenetelmä ei löydä poistumistietoa jokaiselle nousulle. Sen vuoksi selvitetty poistumiset yleistetään kuvaamaan kaikkia nousuja. Nousut ryhmitellään linjatunnuksen, suunnan, aikaryhmän ja viikonpäivätyypin mukaan. Aikaryhmä määritellään vuoron lähtöajan mukaan aamuksi, illaksi, yöksi tai päiväksi. Viikonpäivätyyppi on joko arki tai viikonloppu. Ryhmän sisällä ne nousut, joiden poistumistieto saatiin selvitettyä, saavat kertoimen, jolla katetaan ne nousut, joille poistumistietoa ei saatu selvitettyä. Lisäksi kaikille nousuille lisätään linjatunnuksesta riippuva korotuskerroin, joista kerrotaan lisää kappaleessa 3.1.1. Tällä tavoin selvitetty poistumistiedot vastaavat HSL:n nousijamäärätilastointia.

2.3 Matkakorttiaineistot ulkomailla

Matkustajalaskenta ja aineiston kerääminen ovat kompromissien tekemistä matkustusmuovuuden ja rahastusjärjestelmien kanssa. Kappaleessa 3.1 kuvataan HSL-alueen matkustajalaskentajärjestelmää, joka nojautuu toisaalta matkalippujärjestelmän nousijatietoihin ja toisaalta automaattisten matkustajalaskentalaitteiden anonyymeihin nousija- ja poistujatietoihin. Tutustutaan nyt Alankomaiden ja Lontoon matkakorttijärjestelmiin ja siihen, miten niiden matkakortteihin pohjautuva matkustajalaskenta eroaa HSL-alueesta.

Alankomaissa on valtakunnallinen matkakortti OV-chipkaart, joka käy junissa, raitiovaunuissa, busseissa ja metrossa. Kortille voi ladata arvoa tai kausilipun. Kortti tulee aina leimata niin kulkuvälineeseen noustessa kuin sieltä poistuttaessa. Mikäli matkustajalla ei ole kausilippua, häneltä velotetaan kilometriperustainen hinta. (Translink 2017) Matkakortin leimaaminen sekä noustessa että poistuessa kasvattaa kerätyn tiedon määrää ja laatua, sillä matkaketjuja voidaan seurata tarkemmin ja matkoille saadaan tarkka pituusjakauma. Amsterdamin joukkoliikenteessä nousijoita oli vuonna 2016 233,6 milj. ja he liikkuvat 189,0 milj. hlökm (21,0 %) bussilla, 392,6 milj. hlökm (43,7 %) metrolla ja 317,7 milj. hlökm (35,3 %) raitiovaunulla (GVB 2016).

Lontoossa on käytössä Oyster-matkakortti, joka käy useimmissa Lontoon joukkoliikennevälineissä. Kortti tulee leimata sekä noustessa että poistuessa, jos matkustaja käyttää metroa tai junaa. Lipun hinta riippuu matkan suunnasta, vuorokaudenajasta ja viikonpäivästä. Busseissa ja raitiovaunuissa kortti leimataan vain noustessa ja hinta on kiinteä. (Transport for London 2017b, 2017a, 2017d) Bussin ja metron vuoksi matkakorttiaineisto ei ole täydellistä, joten Lontoon joukkoliikenneoperaattori Transport for London tutkii joka vuosi matkakorttien käyttöä lyhyellä matkapäiväkirjalla (Transport for London 2017c).

2.4 Henkilöauton keskikuormitus

Henkilöauton keskikuormitusta on tutkittu monilla tutkimuksilla. Tässä kappaleessa tarkastellaan eri tutkimusten tuloksia. Tutkimuksia ovat tehneet niin Liikennevirasto ja sen edeltäjät, Helsingin kaupunki kuin HSL ja YTV:kin. Lisäksi keskikuormitusta on arvioitu HSL:n liikennemallin avulla.

Liikenneviraston valtakunnallisissa henkilöliikennetutkimuksissa on tutkittu henkilöauton keskikuormitusta. Keskikuormitusta tutkitaan henkilöauton kuljettajien antamien vastausten perusteella, jolloin autossa on aina vähintään yksi henkilö. Myös matkustajilta kysytään henkilöautossa matkustavan seurueen lukumäärää, mutta silloin autossa on aina vähintään kaksi henkilöä eli matkustaja itse sekä kuljettaja, mikä ei anna todellista tulosta keskikuormituksesta. Yhteenveto löytyy taulukosta 2.1 ja sen perusteella keskikuormitus on valtakunnallisesti noin 1,7–1,8 hlö/auto.

Kahdessa ensimmäisessä henkilöliikennetutkimuksessa vuosilta 1974 ja 1980 ei tutkittu henkilöauton keskikuormitusta (Tie- ja vesirakennushallitus 1977, 1982). Ensimmäisen kerran keskikuormitus raportoitiin vuoden 1986 henkilöliikennetutkimuksessa, jossa sitä tutkittiin matkan tarkoituksen mukaan. Matkat jaettiin kotiperäisiin eli kotoa alkaviin tai päättyviin matkoihin ja ei-kotiperäisiin eli muualta kuin kotoa alkaviin ja päättyviin matkoihin. (Tie- ja vesirakennushallitus 1988) Tarkemmat matkoista lasketut tulokset näkyvät taulukossa A.1. Matkaryhmät eroavat myöhemmissä tutkimuksissa, joten tulosten vertailu on vaikeaa. Vuoden 1992 henkilöliikennetutkimuksen keskikuormitustulokset

Taulukko 2.1: Yhteenvedo henkilöauton keskikuormituksesta valtakunnallisesti. (Tie- ja vesirakennushallitus 1988; Tielaitos 1993; Liikenneministeriö 1999; Liikenne- ja viestintäministeriö et al. 2006; Liikennevirasto 2012) Suluissa olevat eivät ole verrannollisia myöhempiin tuloksiin.

	Painotettu matkoilla	Painotettu pituuksilla
1986	(1,87)	(1,4)
1992	(1,59)	(1,35)
1998–1999	–	1,8
2004–2005	–	1,8
2010–2011	–	1,7

näkyvät taulukossa A.2 (Tielaitos 1993), vuoden 1998–1999 tulokset taulukossa A.3 (Liikenneministeriö 1999) ja vuosien 2004–2005 ja 2010–2011 tulokset taulukossa A.4 (Liikenne- ja viestintäministeriö et al. 2006; Liikennevirasto 2012). Vuosien 2004–2005 tutkimusten tulokset ovat vertailukelpoisia keskenään myös matkan tarkoituksen tasolla, sillä ryhmät on pidetty samoina toisin kuin aiempien vuosien tutkimuksissa.

Vuosien 1986 ja 1992 keskikuormitustulokset eivät ole enää verrannollisia uudempien tulosten kanssa, koska laskentamenetelmä muuttui vuoden 1998–1999 tutkimuksessa. Matkojen lukumäärään perustuvasta keskikuormituksen määrittämisestä luovuttiin ja matkan pituudella painottaminen vakiintui. Seurueen koko ja sitä myöten myös henkilöauton keskikuormitus lasketaan kaavalla

$$SK = \frac{\sum_{i=1}^V \frac{N_i}{n_i} \sum_{h=1}^{H_i} \sum_{q=1}^{Q_h} \sum_{k=1}^{K_{qh}} x_{hqk} s_{hqk}}{\sum_{i=1}^V \frac{N_i}{n_i} \sum_{h=1}^{H_i} \sum_{q=1}^{Q_h} \sum_{k=1}^{K_{qh}} s_{hqk}} \quad (2.1)$$

jossa muuttujat ovat:

- SK = keskimääräinen seurueen koko ajettua kilometriä kohti määrätyllä kulkutavalla
- N_i = väestöryhmän i koko
- n_i = väestöryhmän i koko otoksessa
- V = väestöryhmien kokonaismäärä ($50 = 5$ läänää $\times 5$ ikäryhmää $\times 2$ sukupuolta)
- x_{hqk} = otoksessa esiintyvän havainnon h matkan q osamatkalla k mukana olleet henkilöt
- s_{hqk} = otoksessa esiintyvän havainnon h matkan q osamatkan k pituus
- h = vastaajan numero
- H_i = väestöryhmään i kuuluvien vastaajien määrä
- q = vastaajan tekemä matka
- Q_h = vastaajan h matkojen kokonaismäärä
- k = matkan osamatka

Taulukko 2.2: Yhteenveto henkilöauton keskikuormituksesta vuorokaudessa Helsingissä. (Hellman 2004, 2012, 2013, 2015)

	1987	1991	1993	1997	2004	2012	2013
Niemen raja	1,32	1,35	–	1,35	1,33	1,31	–
Kantakaupungin raja	–	–	1,3	–	–	–	1,29

- K_{qh} = vastaajan h matkan q osamatkojen määrä (Liikenneministeriö 1999)

Henkilöautossa istuvien henkilöiden määrää painotetaan siis matkan pituudella. Henkilömäärät ja matkan pituudet on summattu siten, että jokaisen vastaajan jokaisen matkan jokainen osamatka on käsitelty erikseen. Lisäksi summatermit painotetaan väestöryhmän ja sen otoksen koolla. (Liikenneministeriö 1999)

Henkilöauton kuormituksen ilmoittaminen pituudella painotettuna vaikeuttaa sen yhdistämistä liikennelaskentoihin, joissa tarkastellaan ohittavien ajoneuvojen lukumääriä kuten kappaleessa 3.3 kerrotaan. Lisäksi keskikuormitus saattaa olla erilainen pääkaupunkiseudulla kuin koko Suomessa keskimäärin.

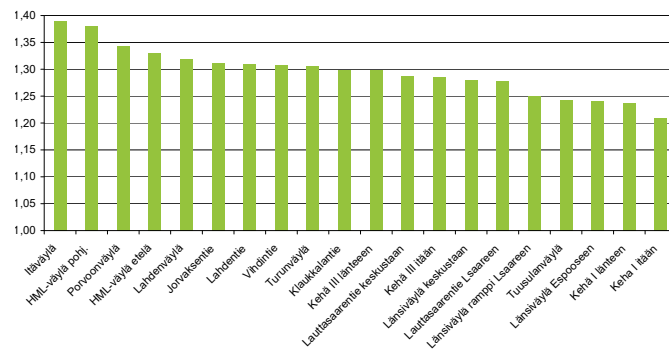
Myös Helsingin kaupunki on tehnyt keskikuormitustutkimuksia, jotka ovat relevantimpia tälle diplomityölle. Yhteenveto löytyy taulukosta 2.2 ja sen perusteella keskikuormitus on noin 1,30 hlö/auto kahdella Helsingin laskentalinjalla. Keskikuormitusta tutkitaan lisäksi kaduittain läntisellä ja itäisellä poikittaislinjalla. Tutkimukset tehdään keväisin.

Niemen rajalla tutkitaan kuusi yhdeksästä liikennelaskentapistestä: Lauttasaaren silta, Lapinlahden silta, Mechelininkatu, Mannerheimintie, Pitkäsilta ja Hakaniemen silta (Hellman 2004, 2012). Näiden tulokset löytyvät taulukosta A.5. Vuoden 1991, 1997, 2004 ja 2012 tiedot ovat saatavilla muistioista Hellman (2004) ja Hellman (2012) ja muut vuodet Hellman (2015).

Kantakaupungin rajalla tutkitaan seitsemän yhdestätoista liikennelaskentapistestä: Länsväylä, Munkkiniemen silta, Mannerheimintie, Ratapihantie, Mäkelänkatu, Hämeentien silta ja Kulosaaren silta (Hellman 2013). Tulokset löytyvät taulukosta A.6.

Poikittaislinjan kuudesta laskentapistestä kaksi (Kehä I ja Metsäläntie) on mitattu vuonna 1999 ja kolme (Hakamäentie, Pirkkolantie ja Viikintie) vuonna 2004. Helsingin kaupunki käyttää laskentatuloksia katukohtaisesti eikä keskiarvon kautta kuten muilla laskentalinjoilla. Tulokset löytyvät taulukosta A.7. Vuoden 1999 ja 2004 tulokset ovat saatavilla muistiossa Hellman (2004) ja muut vuodet Hellman (2015).

Myös YTV (2009) on tutkinut henkilöauton keskikuormitusta. Aineisto kerättiin syksyllä 2008 pääkaupunkiseudun rajan ylittäviltä väyliltä ja joiltain pääkaupunkiseudun sisäisiltä väyliltä. Silloin henkilöautojen keskikuormitus tutkituilla väylillä oli 1,27 henkilöä. Väylien välillä oli jonkin verran vaihtelua. Suurin keskikuormitus oli Itäväylällä, jolla keskikuormitus



Kuva 2.4: Henkilöauton keskikuormitus eri liikenneväylillä. (YTV 2009)

oli 1,39 henkilöä/auto, kun taas pienin oli Kehä I:llä, jolla keskikuormitus oli länteen 1,24 henkilöä/auto ja itään 1,21 henkilöä/auto. Tarkemmat tulokset näkyvät kuvassa 2.4

HSL on arvioinut henkilöauton keskikuormitusta vuoden 2012 liikkumistutkimukseen perustuvan liikennemallin avulla. Keskikuormitus on

- aamuruuhkassa 1,11,
- iltaruuhkassa 1,33,
- muina aikoina 1,31 ja
- päivän aikana keskimäärin 1,28. (Sähköposti, Pekka Rätty, liikennetutkija, HSL, 9.3.2017.)

HSL:n, YTV:n ja Helsingin kaupungin tutkimukset antavat samansuuntaisia tuloksia, sillä kaikissa tutkimuksissa aineisto on kerätty syksyllä ja keskikuormitus kuvaa yksittäisen ajoneuvon keskikuormitusta.

Luku 3

Aineistot








Tämä diplomityö käyttää aineistoja, joita HSL, pääkaupunkiseudun kunnat ja Liikennevirasto keräävät. Aineistoja kerätään joukkoliikenteen matkustajalaskennassa sekä autoliikenteen, pyöräilyn ja kävelyn liikennelaskennoissa. Suurin osa aineistosta kerätään automaattisilla laskentalaitteilla. Tässä kappaleessa käydään läpi, millaisia aineistot ovat, miten eri tahot niitä keräävät ja miten aineistot ovat saatavilla. Aloitetaan joukkoliikenteen aineistoista ja edetään autoliikenteeseen ja kävelijöiden ja pyöräilijöiden laskentoihin.

3.1 Joukkoliikenteen matkustajalaskenta

HSL:n tilaamaan joukkoliikenteeseen kuuluu busseja, metro, raitiovaunuja, lähijunia ja lauttaliikennettä. Joukkoliikenteen matkustajalaskentatiedot löytyvät neljästä tietokannasta ja viidestä raportointisovelluksesta. Vaikka runkolinjat ja U-liikenne ovat bussiliikennettä, matkustajalaskennan näkökulmasta ne kuuluvat erillisiin ryhmiin. Vain tavanomainen bussiliikenne ja U-liikenne kuuluvat suljettuun rahastusjärjestelmään, eli matkalippua kuuluu näyttää kuljettajalle, ja muut kuuluvat avoimeen rahastusjärjestelmään. Yhteenvedo matkustajalaskennasta löytyy taulukosta 3.1.

Kaikki matkustajalaskentalaitteet mittaavat nousijoita, sillä se on yksi HSL:n tärkeimmistä joukkoliikenteen kehitystä kuvaavista mittareista. Tässä työssä ollaan kuitenkin kiinnostuneita myös poistujista, jotta pystytään arvioimaan matkustussuoritetta. Esitellään siksi matkustajalaskennan erityispiirteitä vielä tarkemmin. Seuraavissa kappaleissa käsitellään jokainen tietokanta erikseen, sillä yhdessä tietokannassa oleva informaatio on aina samassa muodossa. Aloitetaan Liikenteen infokannalla (L-info) ja edetään DILAX-, MELA- ja Lati Web -tietokantoihin.

Taulukko 3.1: Yhteenveto HSL:n joukkoliikenteeseen kuuluvien liikennemuotojen matkustajalaskennasta.

	Liikennemuoto	Rahastus	Tietokanta	Raportointi	Linjatunnus
	Bussit	Suljettu	L-info	Business Objects	1001, ..., 9999 (pl. alla)
	Runkolinjat	Avoin	DILAX	DavisWeb (Bus)	2550 (4560)
	U-liikenne	Suljettu	L-info	Business Objects	7000, ..., 7999
	Metro	Avoin	MELA	Business Objects	1300
	Raitiovaunu	Avoin	DILAX	DavisWeb (Tram)	1001, ..., 1010
	Suomenlinnan lautta	Avoin	Lati Web	Lati Web	1019
	Lähijuna	Avoin	DILAX	Cognos	3001, 3002

3.1.1 L-info

L-infossa on Helsingin seudun poistumassa olevaan matkalippujärjestelmään liittyvä aineisto eli matkakortti- ja kertalipputapahtumien tiedot. Matkakortti on säännölliseen käyttöön tarkoitettu etäluettava lipputuote, jolle voi ostaa kausilipun tai siirtää rahaa arvolippuja varten. Matkakorttiaineistosta voidaan tunnistaa matkaketjuja, sillä jokaisella matkakortilla on oma tunniste. Lisäksi jokaiseen matkustustapahtumaan liitetään tieto vuorosta, kellonajasta ja nousupysäkestä. Kertaliput ovat paperisia lipputuotteita, joita voi ostaa mm. kuljettajalta tai automaatista, ja jotka eivät ole ketjutettavissa. Jos kertalippu on ostettu kuljettajalta, tapahtumaan liitetään myös tieto vuorosta, kellonajasta ja nousupysäkestä. Poistujia ei lasketa millään tavalla.

L-infoa käytetään lähteenä niiden liikennemuotojen tilastoinnissa, joissa on käytössä suljettu rahastusjärjestelmä. Kuten taulukosta 3.1 nähdään, niihin kuuluu vain bussiliikenne ja U-liikenne. Vaikka matkakortti- ja kertalipputapahtumia syntyy muissakin liikennevälineissä, niitä ei oteta huomioon vaan muiden liikennevälineiden tilastot haetaan niiden omista tietokannoista.

L-infoon ei rekisteröidy jokainen nousija, sillä liputta saavat kulkea muun muassa alle 7-vuotiaat lapset ja pientä lasta lastenvaunuissa kuljettava henkilö. Lisäksi ne vaihdot, joissa asiakas näyttää kuljettajalle aiemmin ostettua kertalippua, jäävät usein tilastoimatta.

Näistä syistä L-infon nousijamääriä korotetaan kertoimilla. Korotuskertoimet on määritetty jokaiselle Helsingin sisäiselle bussilinjalle erikseen ja muilla linjoilla käytetään yleistä kerrointa, joka on 1,08. (Keskustelu, Natalia Berezina, tietopalvelukoordinaattori, HSL, 31.1.2017 ja Marko Vihervuori, ryhmäpäällikkö, HSL, 27.2.2017)

Matkakorttijärjestelmä ja L-info on otettu käyttöön 2001. Siirtyminen uuteen lippu- ja informaatiojärjestelmään (LIJ) on alkanut huhtikuussa 2016 ja jatkuu kirjoitushetkellä edelleen. Matkalipputapahtumia tallennetaan enenevissä määrin uuteen LIJ-tietokantaan, joten lähitulevaisuudessa L-infon merkitys vähenee.

3.1.2 DILAX

Metrossa, raitiovaunuissa, lähijunissa ja bussilinjoilla 550 ja 560 on käytössä avoin rahastusjärjestelmä. Se tarkoittaa sitä, ettei matkustajan tarvitse näyttää matkakorttia noustessaan liikennevälineeseen. Näissä liikennevälineissä nousijamäärien laskeminen hoidetaan erilaisin automaattisin matkustajalaskentalaittein. Automaattiset laskentalaitteet eivät identifioi nousijoita, joten matkaketjuja ei voida muodostaa. Raitiovaunujen, lähijunien ja runkolinjojen DILAX-laskentalaitteet laskevat, montako henkilöä nousi sisään ja poistui jokaisen vuoron ja nousupysäkin tarkkuudella. Tulosten tarkkuutta rajoittaa laskentalaitteiden määrä ja kierto, sillä laskentalaitteellisten liikennevälineiden osuus vaihtelee joukkoliikennemuodoittain.

Raitiovaunuissa automaattisten laskentalaitteiden käyttö alkoi täysmittaisesti vuonna 2012, mutta laskentalaiteita alettiin lisätä vaunuihin vuodesta 2008 lähtien. (Sähköpostikeskustelu, Natalia Berezina, tietopalvelukoordinaattori, HSL, 27.6.2017 ja keskustelu, Marko Vihervuori, ryhmäpäällikkö, HSL, 18.7.2017) Ennen vuotta 2012 nousijoita laskettiin käsin kahtena arkipäivänä kuukaudessa neljässä pisteessä, jotka olivat Töölön kisahalli, Töölön tori, Pitkäsilta ja Aleksanterinkatu. Käsinlaskenta toteutettiin poikkileikkauslaskentana eli kenttätutkijat merkitsivät muistiin ohiajaneiden raitiovaunujen linjatunnuksen ja suunnan ja arvioivat matkustajien määrän. Käsinlaskentoja on tallessa vuodesta 2007 lähtien. (Keskustelu, Katja Onnenlehto, ryhmäesimies, HSL, 28.6.2017) On huomattava, että käsinlaskennoissa laskettiin vain linjojen pistemäistä kuormaa, kun taas automaattiset laskentalaitteet laskevat nousijoita ja poistujia jokaisella pysäkillä ja vuorolla. Laskentalaitteet tuottavat siten myös pysäkinväleittäisen kuormituksen eli linjan kuormitusprofiilin.

Runkolinjojen matkustajalaskenta toimii samalla tavalla kuin raitiovaunuissa, mutta järjestelmän historia on erilainen. Runkolinjat ovat aluksi olleet tavallista suljetun rahastusjärjestelmän bussiliikennettä, joiden tiedot löytyvät L-infosta kuten kappaleessa 3.1.1 kerrottiin. Ensimmäinen runkolinja 550 sai automaattiset laskentalaitteet elokuussa 2013 ja linja 560 elokuussa 2015. Siitä lähtien kyseiset linjat ovat olleet avoimessa rahastusjärjestelmässä ja niiden nousijat on tilastoitu DILAX-tietokannan avulla.

Lähijunaliikennettä on tilastoitu automaattisilla matkustajalaskentalaitteilla tammikuusta 2013 lähtien. Sitä ennen on tehty asemakohtaisia käsinlaskentoja. Vuosina 1988–2011 laskennat suoritettiin lokakuussa ja vuosina 1991–2012 maaliskuussa. (Nikula 2013) Kun automaattinen matkustajalaskenta aloitettiin, tietokantaan vietiin vain HSL:n ostoliikenteeseen kuuluvien junien matkustajamäärät eli Riihimäelle ja Lahteen suuntautuvat R-, H- ja Z-junat puuttuvat tietokannasta. Ne ovat mukana tietokannassa lokakuusta 2013 lähtien. (Sähköposti, Liisa Maanavilja, liikennetutkija, HSL, 15.2.2017)

Vaikka junissa on samanlaiset laskentalaitteet kuin raitiovaunuissa ja runkolinjoilla, laskentalaitteiden kierrosta syntyvää vastauksetta paikataan eri tavalla. Kun raitiovaunujen ja runkolinjojen kohdalla tukeudutaan DILAX-järjestelmän korjaamiin nousijamääriin, lähijunissa puuttuvia mittauksia vastaava nousijamäärä imputoidaan kuten pro gradu -tutkielmassa Nikula (2013) on selvitetty. Imputoinnissa jokaiselle ei-mitatulle vuorolle tai junayksikölle korjataan sopiva nousijamäärä muiden mitattujen vuorojen ja junayksikköjen perusteella. Korjattuja nousijamääriä käytetään tilastoinnissa ja ne ovat käytettävissä Cognos-raportointisovelluksessa. (Keskustelu, Liisa Maanavilja, liikennetutkija, HSL, 13.2.2017)

3.1.3 MELA

MELA-tietokanta on käytössä metron matkustajalaskennassa. Metrossa on asemakohtaiset matkustajalaskentalaitteet, jotka laskevat asemalle ja asemalta tulevia matkustajia. Laitteet on sijoitettu metroasemien sisäänkäynneille tai liukuportaisiin. (Keskustelu, Natalia Berezina, tietopalvelukoordinaattori, HSL, 31.1.2017) Niistä ei siis saa vuorokohtaista tietoa eli mihin metroon matkustaja nousee, kuinka suosittuja eri metrolinjat ovat tai mihin suuntaan matkustajat kulkevat. Samanlaiset asemakohtaiset laskentalaitteet asennetaan myös länsimetron asemille Ruoholahti–Matinkylä. (Keskustelu, Natalia Berezina, tietopalvelukoordinaattori, HSL, 27.6.2017)

Metron automaattisilla matkustajalaskentalaitteilla on pitkä historia, sillä Helsingin metroasemien laskentalaitteet on asennettu 1990-luvulla. Tuloksia on viety MELA-tietokantaan maaliskuusta 2010 lähtien. (Sähköpostikeskustelu, Natalia Berezina, tietopalvelukoordinaattori, HSL, 27.6.2017–28.6.2017) Sitä vanhempia laskentatiedostoja on tallessa Excel-muodossa ainakin vuosille 2005–2010. Metrojen tilastointi voi tulevaisuudessa siirtyä DILAX-tietokantaan, sillä uusissa M300-sarjan metroissa on samanlaiset vaunukohtaiset matkustajalaskentalaitteet kuin muissa DILAX-tietokannan liikennevälineissä. M300-vaunujen laskentalaitteiden tietoja on kerätty heinäkuusta 2016 lähtien, mutta niiden käyttökelpoisuudessa on havaittu ongelmia. (Sähköpostikeskustelu, Natalia Berezina, tietopalvelukoordinaattori, HSL, 28.6.2017)

3.1.4 Lati Web

Suomenlinnan lautan nousijamäärät lasketaan käsin jokaisella vuorolla. Tietoja voi tarkastella avoimen rajapinnan kautta Lati Web -sivustolla. (HSL 2017) Matkustajan matkaketjua ei voida seurata, sillä matkustajaa ei identifioida eli tilanne on sama kuin DILAX-tietokannan tapauksessa. Suomenlinnan lauttojen erikoispiirre on se, että linjojen reiteillä ei ole välipysäkkejä. Siten lähtölaiturin nousijamäärä on samalla päätelaiturin poistujamäärä.

Lati Web on otettu käyttöön vuoden 2014 alusta. Ennen sitä lautoilla laskettiin nousijamäärät Excel-taulukoihin, jotka vietiin Access-tietokantaan. Vanhoja tietoja ei ole myöhemmin viety Lati Webiin. (Sähköpostikeskustelu, Natalia Berezina, tietopalvelukoordinaattori, HSL, 27.6.2017)

3.2 Joukkoliikenteen perusrekisteri

Joukkoliikenteen perusrekisteri (Jore) sisältää tietoa muun muassa linjoista, reiteistä, pysäkeistä ja aikatauluista. Joresta otetaan automaattisesti infopoimintoja keskiviikkoisin. Infopoiminta kattaa noin viiden viikon ajanjakson alkaen edellisestä perjantaista ja päättyen viidennen viikon sunnuntaihin. Poiminta sisältää kaikki viiden viikon ajalle osuvat voimassaolevat reitit ja aikataulut. Mikäli poiminta-aineistossa havaitaan virheitä, voidaan tehdä myös manuaalisia infopoimintoja, joiden ajanjakso voi poiketa automaattisista poiminnoista. (Sähköposti, Tuomas Mikkola, suunnittelija, HSL, 7.6.2017)

Joren infopoimintoja on julkaistu avoimena datana vuoden 2014 alusta lähtien ja sisäiseen käyttöön vuoden 2013 alusta. Infopoiminnat ovat määrämittäisiä dat-muotoisia tekstitiedostoja, jotka voi lukea mihin tahansa datankäsittelyohjelmaan tietuekuvauksen avulla. Joressa on aineistoja ainakin vuoteen 2009 asti. (Pikaviestikeskustelu, Tuomas Mikkola, suunnittelija, HSL, 26.6.2017)

3.3 Liikennemäärälaskennat tie- ja katuverkolla

Suomen maantieverkkoa hallinnoivat Liikennevirasto ja ELY-keskukset ja katuverkkoa kunnat ja kaupungit. Maantieverkon laajuus on noin 78 000 kilometriä, yksityisteitä on noin 200 000 kilometriä ja kuntien tai kaupunkien hallinnoimia katuja noin 30 000 kilometriä. Liikennevirasto vastaa liikennemäärätiedon ja liikennevaihtelun tunnuslukujen tuottamisesta ja ylläpitämisestä maantieverkolla. (Kiiskilä et al. 2016) Kunnat ja kaupungit tuottavat katuverkon liikennemäärätietoa omiin tarpeisiinsa.

Suomen maantieverkko on jaettu liikennemäärän tuottamista varten 15 000 liikenteellisesti homogeeniseen tieosaan ja 3000 ramppiin. Liikenteen automaattisia mittausasemia eli LAM-pisteitä on maanteillä 470 kappaletta ja ne keräävät lähes reaaliaikaista tietoa

liikennemääräistä ja ajonopeuksista. Muilla tieosilla, joilla LAM-pistettä ei ole, päivitetään liikennemäärätieto yleisessä liikennelaskennassa. Jokainen tieosa tulee mitatuksi noin neljän vuoden välein, paitsi vähäliikenteiset tieosat ja rampit, jotka mitataan kuuden vuoden välein. Tieosien liikennemäärää mitataan yhden viikon ajan kesällä ja yhden viikon ajan syksyllä, jotta voidaan estimoida vuoden keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä. Vähäliikenteiset teitä ja ramppeja mitataan vain yhden viikon ajan. Niiden tieosien liikennemäärät, joita ei tutkimusvuonna mitattu, estimoidaan liikenteen kehityskertoimiin perustuen. (Kiiskilä et al. 2016)

Tämän työn kannalta Liikenneviraston ja ELY-keskusten liikennelaskentojen tärkein tulos on vuoden keskimääräinen arkivuorokausiliikenne (KAVL), joka mitataan jokaiselle laskentapisteelle ja estimoidaan niille tieosille, joita ei mitattu sinä vuonna. Mittausten perusteella HSL:ssä koostetaan Helsingin seutua kuvaava liikennemääräkartta kuten kuvassa 3.1. HSL:n saamissa liikennemääräaineistoissa jokaista mittauspistettä vastaa kolme eri tunnuslukua: KAVL eli kokonaishavaintomäärä ilman moottoripyöriä ja mopoja, KAVLRAS eli raskas liikenne (linja-autot, kuorma-autot ilman perävaunua ja puoli- ja täysperävaunulliset kuorma-autot) ja KAVLYHD eli yhdistelmäajoneuvot (puoli- ja täysperävaunulliset kuorma-autot). (Kiiskilä et al. 2016) Tässä työssä ollaan kiinnostettu nimenomaan henkilöliikenteestä. Henkilöautoja ja pakettiautoja koskeva keskivuorokausiliikenne saadaan kokonaishavaintomäärän ja raskasta liikennettä koskevien havaintojen erotuksena eli

$$\text{KAVLKEVYT} = \text{KAVL} - \text{KAVLRAS}. \quad (3.1)$$

Pääkaupunkiseudun kunnista Helsinki, Espoo ja Vantaa mittaavat liikennemääriä syksyisin katuverkolla. Helsinki ja Espoo käyttävät tiettyjä liikennelaskentalinjoja ja niiden ylittävää liikennemäärää kuvaamaan autoliikenteen kehitystä. HSL kokoaa joka vuosi myös pääkaupunkiseudun kuntien liikennelaskenta-aineiston ja tekee siitä paikkatietoesityksen. Vuoden 2014 syksyn arkivuorokauden liikennemäärät kuntien aineiston pohjalta näkyy kuvassa 3.2

Espoossa liikennemääriä on mitattu vuosina 1960–1994 joka toinen vuosi ja vuodesta 1995 lähtien joka vuosi (Espoon kaupunki 2006). Espoon tie- ja katuverkossa on sekä kiinteitä että muuttuvia laskentapisteitä. Kiinteät laskentapisteet, joita vuonna 2015 oli noin 90 kappaletta, lasketaan siirrettävillä induktiosilmukkalaskimilla ja tiedonhakuina LAM-pisteiden tiedoista. Muuttuvissa pisteissä käytetään mikroaaltolaskimia. Kiinteiden pisteiden laskenta-aika on pidempi ja niistä saadaan tunnuslukuina sKAVL (syksyn keskimääräinen arkivuorokausiliikenne) ja sKVL (syksyn keskimääräinen vuorokausiliikenne). Muuttuvien pisteiden laskenta-aika on lyhyempi ja tunnusluvuksi saadaan suoraan vain sKAVL. (Espoon kaupunki 2016) Tiedonhakuja tehdään myös jonkin verran liikennevalojärjestelmästä. Liittymien liikennemääriä lasketaan käsin.

Espoossa on kolme laskentalinjaa, itäraja, poikittaislinja ja länsiraja, joiden ylittävää liikennettä tarkastellaan erityisellä mielenkiinnolla, mutta laskentapisteitä on tiheästi myös

muulla katuverkolla. (Espoon kaupunki 2006) Espoon kaupungin käyttämät laskentalaitteet erottelevat ajoneuvoluokat pituuden perusteella: yli kahdeksan metrin ajoneuvot lasketaan raskaaksi liikenteeksi. (Sähköposti, Risto Tetri, liikennetutkija, Espoon kaupunki, 12.4.2017)

Helsingissä mitataan liikennemääriä yksinomaan laskentalinjoilla. Näitä linjoja on neljä: niemen raja eli sisälaskentalinja, kantakaupungin raja eli välilaskentalinja, kaupungin raja eli ulkolaskentalinja, läntinen poikittaislinja ja itäinen poikittaislinja. Laskennoissa pyritään kuvaamaan syyskuun keskimääräistä arkivuorokausiliikennettä. Ajoneuvolajijakauma määritetään käsin jokaiselle laskentalinjalle. Jakaumassa erotellaan henkilöautot, paketti-autot, kuorma- ja rekka-autot ja linja-autot. Yksityiskohtana mainittakoon, että sKAVL lasketaan klo 00–24 ajalta, kun taas jakauma määritetään klo 6–20 ajalta. (Lilleberg & Hellman 2002) Samoissa laskennoissa tutkitaan myös henkilöauton keskikuormitusta, josta lisää kappaleessa 2.4. Ulkolaskentalinja muuttui vuonna 2009, kun Östersundom liitettiin Helsinkiin (Lilleberg & Hellman 2010).

Vantaalla on tehty vuodesta 1985 lähtien tie- ja katuverkon konelaskentoja. Laskennat suoritetaan syyskuussa. Vantaalla on noin 60 liikennelaskentapistettä, joita mitataan silmukkalaskentalaitteilla. Tarpeen mukaan mittauksia tehdään myös siirrettävillä laskentalaitteilla. Molemmat laitteet luokittelevat ajoneuvot kevyeen ja raskaaseen liikenteeseen. (Rytkönen-Halonen 2016)

Yhteenvedona voidaan sanoa, että maantieverkon liikennemääriä mitataan kattavasti ja tarkan tutkimussuunnitelman mukaisesti, mutta sitä alemmalla tieverkolla tilanne on eri. Kunnat ja kaupungit ovat suunnitelleet katuverkon liikennelaskentaa niiden omien tarpeiden ja lähtökohtien pohjalta. Vakituiset laskennat rajautuvat ylemmälle katuverkolle eli esimerkiksi asuinkatuja ei tutkita käytännössä koskaan. Siten katuverkon liikennemäärämittaukset eivät koskaan anna kattavaa tilannekuvaa siitä, missä katuverkon ajoneuvot liikkuvat.

3.4 Kävely- ja pyöräliikenteen aineistot

HSL-kunnista Helsinki, Espoo ja Vantaa laskevat pyöräilijöiden ja jalankulkijoiden liikennemääriä vuosittain. Kuntien laskentatavat ja laitteisto eroavat hieman toisistaan. Seuraavassa keskitytään kuvaamaan kuntien konelaskentatavat, sillä konelaskennasta saadaan pidempiä ja vakaampia mittauksia kuin käsinlaskennoista. Suomen pyöräilykausi on määritelty ajalle 15.5.–15.9. jolloin myös suositellaan liikennemäärien mittaamista (Luukkonen 2011). HSL:ssä tarkastellaan pyöräilymäärien kehitystä paikkatietoesityksellä, jossa konelaskentapisteen tulokset on esitelty pistemuodossa. Mittaustulokset näkyvät kuvassa 3.3.

Vantaan kaupunki laskee pyöräilijöitä 14 konelaskentapisteessä vuosittain touko-syyskuun aikana. Laskennat tehdään DSL-10-laskentalaitteella ja laitteita kierrätetään kesän aikana.

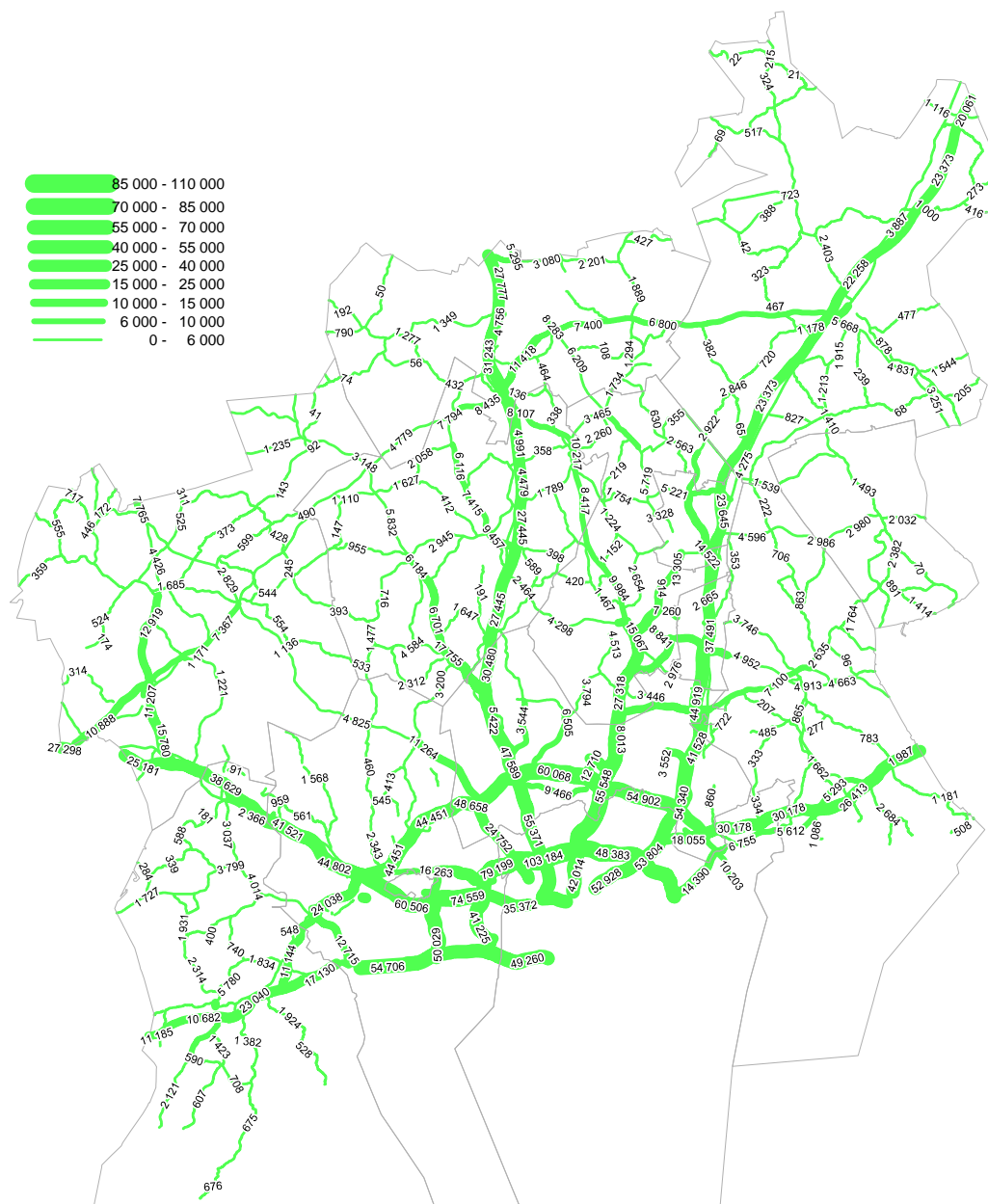
Paria pistettä mitataan myös talviaikaan. Kaikista pisteistä ei saada laadukkaita mittauksia joka vuosi. Vantaalla suoritetaan myös tarpeen vaatiessa käsinlaskentoja. (Rytkönen-Halonen 2016)

Espoon kaupungissa lasketaan pyöräilijöitä ja kävelijöitä vuosittain kiinteissä laskentakonepisteissä, siirrettävillä koneilla sekä käsinlaskennoin. Vuosina 2014 ja 2015 vakiintui tapa laskea pyöräilijöitä 10 laskentakohteessa DSL-10-silmukkalaskentalaitteella ja kahdessa kohteessa Viacount II -mikroaaltolaskimilla. (Espoon kaupunki 2016) Lisäksi Espoo ko-keilee siirrettäviä Eco-Counter -laskimia, jotka laskevat ja luokittelevat sekä jalankulkijat että pyöräilijät (Hyyrynen 2017).

Helsingissä on 19 konelaskentapistettä ja kaikista paitsi kahdesta pisteestä saadaan mit-
tauksia ympäri vuoden. Lisäksi Helsingin kaupunki tekee käsinlaskentoja joka vuosi niemen
rajalla ja kolmen vuoden välein kantakaupungin rajalla. Helsinki käyttää suurimmassa
osassa konepisteitä Eco-Counter-mittalaitteita. (Helsingin kaupunki 2016b)

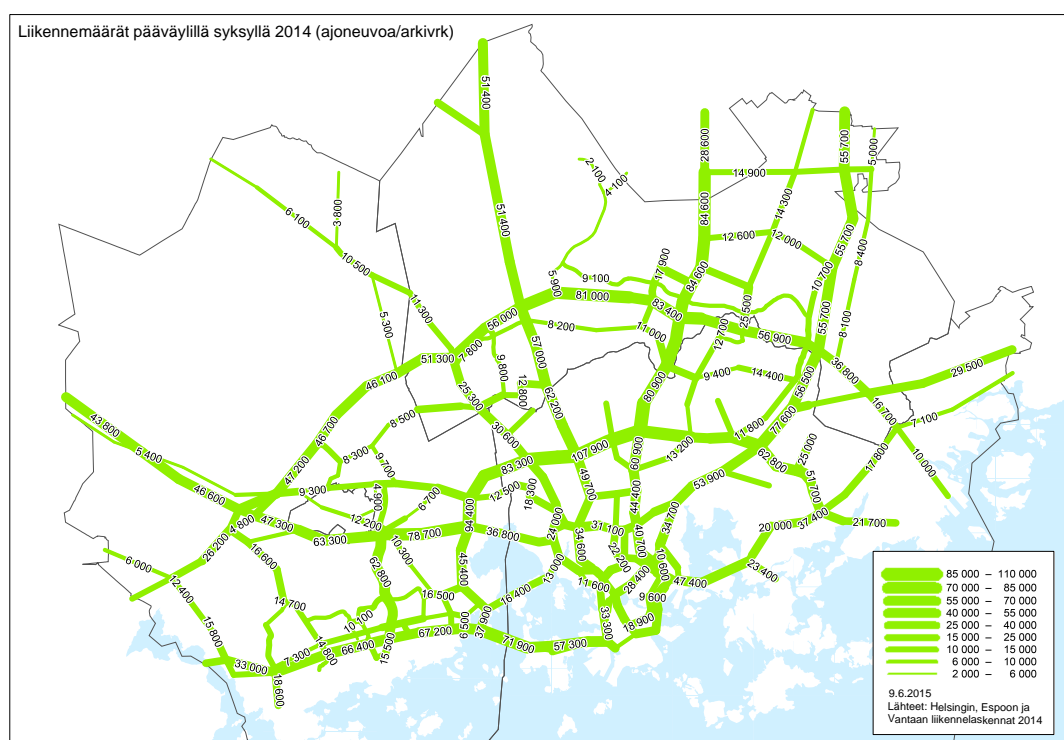
Jokainen kaupunki täydentää konelaskentoja käsinlaskennoilla. Niiden luotettavuus on eri
luokkaa kuin automaattisten laskentakoneiden. Käsinlaskentojen tarkkuus riippuu täysin
laskijasta ja hänen motivaatiostaan ja vireystilastaan (Luukkonen 2011). Käsinlaskennat
ovat korkeintaan päivän mittaisia otoslaskentoja, kun taas konelaskennat kestävät useampia
viikkoja.

Liikennemäärät KAVL 2014
(koko vuoden arkiliikenteen ka)

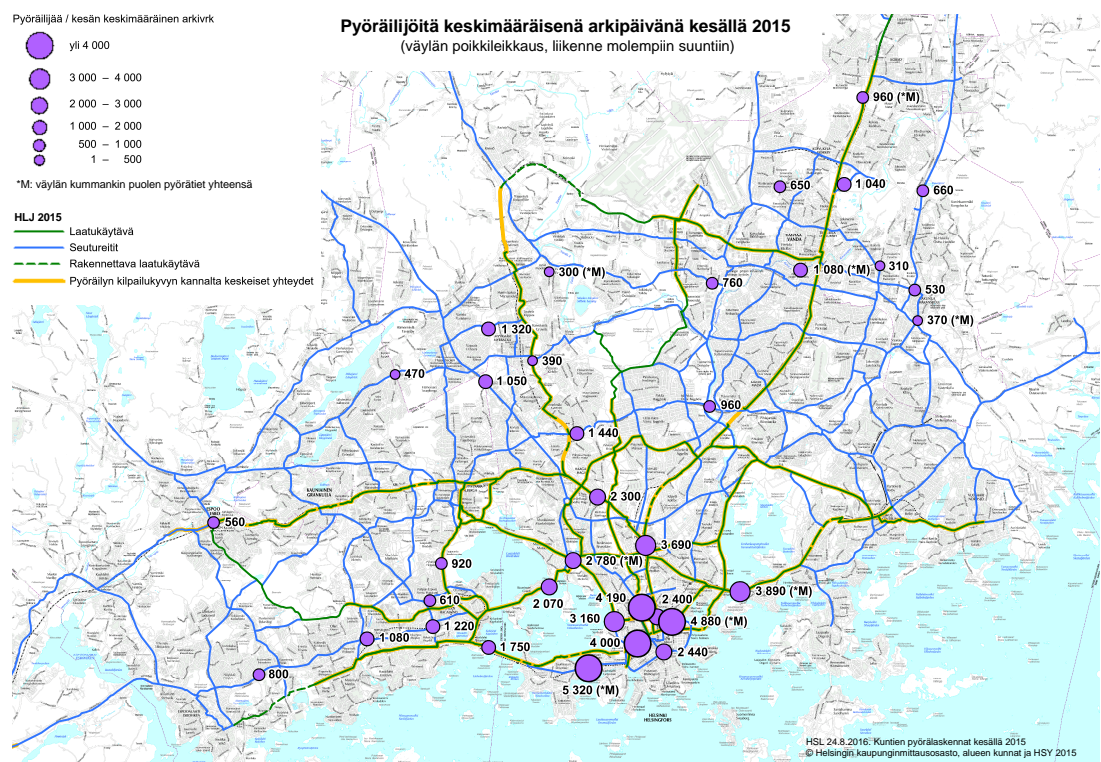


6.3.2015
Lähde:
Tierekisteri 1.1.2015
Uudenmaan ELY

Kuva 3.1: Vuoden keskimääräisen arkivuorokauden liikennemäärät Helsingin seudulla vuonna 2014. (Aineisto: Liikennevirasto ja Uudenmaan ELY-keskus, kartta: HSL)



Kuva 3.2: Syksyn keskimääräisen arkivuorokauden liikennemäärät pääkaupunkiseudulla vuonna 2014. (Aineisto: pääkaupunkiseudun kunnat, kartta: HSL)



Kuva 3.3: Pyöräilijöitä keskimääräisenä arkipäivänä kesällä 2014. (Aineisto: alueen kunnat, kartta: HSL)

Luku 4

Tutkimusmenetelmä

Edellisessä luvussa esiteltyjen aineistojen perusteella havaittiin, että matkoihin pohjautuvien kulkutapaosuuksien muodostaminen ei onnistu, sillä aineistot kuvaavat lähinnä matkustajien lukumääriä ja sijoittumista verkolle. Siksi päätettiin laskea kulkutapaosuudet matkustussuoritteen kautta. Tätä varten aineistot pitää yhdistää sellaiseen muotoon, jossa voidaan tarkastella liikennemuotojen kuormitusta. Valitulla menetelmällä syntyy paikkatietoa eri linjojen ja väylien kuormituksesta, jota ei aiemmin ollut näin helposti suunnittelijoiden saatavilla. Aineistot yhdistetään ja muunnetaan R-ohjelmistolla paikkatiedoksi ja esitetään avoimen lähdekoodin QGIS-paikkatieto-ohjelmistolla. QGIS-ohjelmistolla lasketaan lopuksi liikenneverkon matkustussuorite.

Seuraavissa kappaleissa esitellään menetelmän toimintaa ja yksityiskohtia. Aluksi selostetaan, miten edellisessä luvussa esiteltyjä aineistoja hyödynnetään. Sen jälkeen kerrotaan, miten kuormitustieto ja paikkatieto muodostetaan. Lopuksi keskitytään siihen, miten verkon matkustussuorite voidaan laskea.

4.1 Aineiston esikäsittely

Luvussa 3 kuvattiin erilaisia käytettävissä olevia aineistoja. Aineistoista käy ilmi, että matkojen määrän arvioiminen on mahdotonta ilman tietoja siitä, kuinka monta vaihtoa matkustajat tekevät yhden matkan aikana. Tätä tietoa ei saada, koska useissa liikennemuodoissa käytetty avoin rahastusjärjestelmä ei identifioi matkustajia matkakortin perusteella. Siksi tässä työssä arvioidaan kulkutapajakaumaa matkustussuoritteen kautta. Kuvataan nyt, mitä eri aineistoja tässä työssä hyödynnetään.

4.1.1 Hakupäivät

Aineistoa haetaan arkipäiviltä 8.9.2014–12.10.2014, koska halutaan kuvata mahdollisimman normaalia syksyn liikennetilannetta. Koulujen loma-ajat määräävät välin: yliopistojen ope-

tus alkoi viimeistään 8.9.2014 ja toisaalta monessa koulussa aloitettiin syysloma 13.10.2014 alkavalla viikolla. Arkipäiviksi luetaan tässä yhteydessä vain maanantai, tiistai, keskiviikko ja torstai, sillä perjantain joukkoliikennetarjonta on hieman erilainen iltä- ja yöaikaan kuin muina arkipäivinä. Samasta syystä myös liikkumistutkimuksissa kerätään tietoa samoista päivistä, tosin päivämääräväli on yleensä tutkimuksissa pidempi.

Tässä työssä vuorokauden vaihtumisajankohta on klo 04:30, vaikka liikkumistutkimuksessa se on klo 04:00. L-infossa määritellään liikennöintipäivä, joka on muuten sama kuin kalenteripäivä, mutta eroaa aamuyöllä klo 00:00–04:30 välisellä ajalla. Käytännössä ensimmäisen viikon tarkasteluvuorokaudet ovat

- maanantai: ma 8.9.2014 klo 04:31 – ti 9.9.2014 klo 04:30,
- tiistai: ti 9.9.2014 klo 04:31 – ke 10.9.2014 klo 04:30,
- keskiviikko: ke 10.9.2014 klo 04:31 – to 11.9.2014 klo 04:30 ja
- torstai: to 11.9.2014 klo 04:31 – pe 12.9.2014 klo 04:30.

Liikennöintipäivän huomioonottaminen vaikuttaa erityisesti lähijunien aineiston hyödyntämiseen, josta lisää seuraavassa kappaleessa.

4.1.2 Tietokantahakujen yksityiskohdat

Tätä työtä varten hyödynnetään useiden eri tietokantojen aineistoja kuten luvussa 3 kerrottiin. Tässä kappaleessa selostetaan yksityiskohtaisesti, mitä tietoja käytetään ja miten ne esikäsitellään. Tavoite on saada aineistot sellaiseen muotoon, josta voidaan johtaa linjojen kuormitukset pysäkinväleittäin.

L-infon tietokannasta haetaan bussien matkakorttitapahtumat. Kantaan tallentuu kaikki matkalipputoiminta, josta tässä työssä käytetään asiakkaiden matkakorttileimauksia ja kuljettajien kertalippumyyntejä. Haetut tapahtumaluokat ovat

- 100 = kertalipun myynti,
- 150 = kertalipun peruutus,
- 201, 206 = kortilla matkustus,
- 202 = kortilla tehdyn vaihdon rekisteröinti ja
- 210 = kausilipun leimaus. (Pikaviestikeskustelu, Tuomas Mikkola, suunnittelija, HSL, 26.6.2017)

Esimerkki L-infosta haetuista tiedoista löytyy taulukosta 4.1 ja sarakkeiden kuvaukset taulukosta 4.2. Datataulukon yläosa vastaa tapahtumia 100 ja 150 eli kertalippuihin liittyviä tapahtumia ja taulukon alaosa matkakorttitapahtumia. Näiden sarakkeiden lisäksi haetaan sarakkeet lippulaji_selite, nousupysäkki_selite, asiakasryhma_selite ja kuntalaisuus_selite, jotka tulkitsevat vastaavat numeeriset kentät selkokielisiksi.

Taulukko 4.1: Esimerkki L-infosta saatavista matkakortti- ja kertalipputiedoista.

ID	ta	lippulaji	linja	tarkenne	suunta	laikajore	liikpaiva	ta_paiva	ta_aika	nousupysakki	asiakasryhma	kuntalaisuus	ta_viikko
NA	100	1102	1081		2	1453	2014-09-09	2014-09-09	145752	1431146	NA	NA	37
NA	100	5101	9973		1	1433	2014-09-11	2014-09-11	143538	4750212	NA	NA	37
NA	100	1101	1009		2	1354	2014-09-14	2014-09-14	141451	1040411	NA	NA	37
NA	100	5101	4451		2	0748	2014-09-11	2014-09-11	080647	4400210	NA	NA	37
NA	100	1101	1082	B	2	2304	2014-09-13	2014-09-13	230909	1432179	NA	NA	37
*05	201	2211	2154		2	1206	2014-09-12	2014-09-12	122401	2433212	1	2	37
*05	202	2211	2031		1	1259	2014-09-12	2014-09-12	130924	2311210	1	2	37
*05	201	2211	2019		1	1648	2014-09-12	2014-09-12	171229	2321215	1	2	37
*53	210	1304	2506		2	1055	2014-09-08	2014-09-08	111705	1150118	5	1	37
*53	210	1304	1069		2	1420	2014-09-08	2014-09-08	144834	1250108	5	1	37

Taulukko 4.2: Kuvaukset L-infon palauttamista sarakkeista.

Sarake	Kuvaus
ID	matkakortin tunniste
ta	tapahtumaluokka
lippulaji	lipputuotteen koodi (esim. SEUTU AIKUINEN)
linja	joukkoliikennelinjan koodi
tarkenne	joukkoliikennelinjan tarkenne
suunta	joukkoliikennelinjan suunta (1 tai 2)
laikajore	joukkoliikennelinjan lähtöaika päätepysäkiltä
liikpaiva	liikennöintipäivä (vaihtuu klo 04:30 aamuyöllä)
ta_paiva	tapahtuman päivämäärä (vaihtuu klo 00:00 keskiyöllä)
ta_aika	tapahtuman kellonaika
nousupysakki	nousupysäkin koodi (esim. Piispansilta)
asiakasryhma	asiakasryhmän koodi (esim. aikuinen tai opiskelija)
kuntalaisuus	kuntalaisuuden koodi (esim. Helsinki)
ta_viikko	tapahtuman viikonnumero

L-infon raaka-aineistosta poistetaan kaikki U-liikenteeseen ja avorahastuslinjoihin liittyvät merkinnät linjatunnusten perusteella kuten taulukossa 3.1 luetellaan, sillä avorahastuslinjojen kuormitus saadaan selville muista tietokannoista. Ne harvat leimaukset ja ostot, jotka tehdään avorahastuslinjoilla, eivät edusta riittävän hyvin matkustajien todellisia linja- ja reittivalintoja, jotta ne kannattaisi pitää mukana analyysissä. U-liikenne jätetään pois, sillä U-linjat menevät HSL-alueen ulkopuolelle, mikä on tämän työn maantieteellinen rajoitus. Lisäksi U-liikenteessä on vaihtelevia tapoja lipunmyynnin, leimauksen ja HSL-lippujen käytön suhteen, mikä voi vääristää tuloksia.

Matkalipputapahtumiin täydennetään poistumispysäkki ja korotuskerroin poistumistietomenetelmällä, joka on kuvattu kappaleessa 2.2. Kun bussinousuille on tiedossa sekä nousu- että poistumispysäkki, linjojen kuormitukset ja matkustussuorite on mahdollista laskea.

Taulukko 4.3: Esimerkki LatiWebista saatavista lautan nousijamääristä.

Päivämäärä	Alus	Suunta	Pysäkki	Matkustajat
8.9.2014 7:25:00	MS Ehrensvärd	s1	0097	12
8.9.2014 7:50:00	MS Ehrensvärd	s2	0096	11
8.9.2014 8:15:00	MS Ehrensvärd	s1	0097	7
8.9.2014 6:20:00	MS Suokki	s1	0099	21
8.9.2014 6:00:00	MS Suokki	s2	0098	20

Taulukko 4.4: Esimerkki ulkoisesti syötetystä kuormitustiedosta.

reitunnus	suusuunta	alkusolmu	loppusolmu	kuormitus
2550	1	1453287	1456118	3929,634409
2550	1	1456118	1454120	4175,837634
2550	1	1454120	1362112	4195,854839

Runkolinjojen, raitiovaunujen ja lähijunien laskentalaitteet laskevat automaattisesti sekä nousijat että poistujat, joten kuormitus saadaan liikennemuotojen raportointisovelluksista. Bussien kohdalla nousut on jaoteltu liikennöintipäivän mukaan, joten muissa liikennevälineissä täytyy tehdä samoin. Tämä rajoitus aiheuttaa ongelmia erityisesti lähijunien järjestelmässä, jossa tieto joudutaan pilkkomaan pienempiin osiin ja yhdistelemään käsin oikean määritelmän täyttämiseksi.

Lautoilla lasketaan vain nousijoita, mutta lautoilla on vain yksi pysäkinväli (Kauppatori–Suomenlinna, Suomenlinna–Kauppatori, Katajanokka–Suomenlinna, Suomenlinna–Katajanokka), joten kuormitus on yhtä kuin nousijat. Lati Webin tietomuoto näkyy taulukossa 4.3. Lati Webin pysäkkikoodi ei ole L-infon käyttämässä seitsemännumeroisessa muodossa, joten se täytyy ensin muuttaa oikeaksi.

Runkolinjojen, raitiovaunujen, lähijunien ja lauttojen pysäkinvälikuormituksista lasketaan arkipäivän keskiarvo ja tiedot lisätään bussien yhteyteen erillisestä tiedostosta. Taulukossa 4.4 on ote ulkoisen tiedoston sisällöstä. Pysäkinvälit seuraavat toisiaan ajorajestyksessä: aluksi kerrotaan arkipäivän keskiuormitus linjalla 550 Itäkeskuksesta Roihupeltoon, sitten Roihupellosta Myllärintielle ja Myllärintieltä Latokartanoon ja niin edelleen.

Tähän työhön ei voitu ottaa mukaan metroa. Metrolle ei ole mahdollista muodostaa kuormitusprofiilia ilman erillislaskentoja, koska asemakohtaiset laskentalaitteet eivät kerro, minkä suunnan metroon matkustaja nousee tai mistä metrosta hän poistuu. Olemassa olevat kuormitusprofiilitiedot olivat liian vanhoja. Uusien M300-junien antamia vaunukohtaisia kuormitusprofiili- ja matkustajalaskentatietoja ei käytetty, sillä tietojen analysointi ei ehtinyt valmistua tätä diplomityötä varten.

Joresta haetaan kaikki relevantit infopoiminnat ajalta 8.9.2014–12.10.2014. Alkuperäinen poistumistietomenetelmä analysoi vain yhden viikon kerrallaan ja käyttää vain yhtä infopoimintaa, mutta koska tässä työssä tarkastellaan viiden viikon jaksoa, tulee infopoimintoja yhdistellä.

Autoliikenteen aineistoista mukaan otettiin HSL:ssä yhdistetty pääkaupunkiseudun kuntien liikennelaskennan paikkatietoaineisto. Aineisto kuvaa syksyn arkivuorokautta, josta tässä diplomityössä ollaan kiinnostuneita. Lisäksi pääkaupunkiseudun mittaukset ovat tiheämmällä katuverkolla kuin Liikenneviraston mittaukset.

Liikennelaskennassa on laskettu kevyitä ajoneuvoja eikä henkilöitä. Tämän vuoksi jokainen liikennemäärätulos kerrotaan henkilöauton keskiuormituksella. Siten autoliikenteen liikennemäärät edustavat väylien henkilöuormitusta. Keskiuormitus on arvioitu kappaleen 2.4 tutkimusten perusteella ja se on tässä työssä suuruudeltaan 1,3 hlö/auto.

Tässä työssä ei voitu hyödyntää pyöräilijöiden eikä jalankulkijoiden liikennelaskentoja. Aineistot ovat liian pistemäisiä ja harvoja kuvastaakseen liikenneverkon kuormitusta. Lyhyiden katusuoksien mittauksista ei voi laskea matkustussuoritetta koko verkolle. Pyöräily- ja jalankululaskentoja on täydennetty käsinlaskennoilla, mutta tässä työssä pyritään siihen, että lähtöaineistojen tulee olla kerätty mahdollisimman automaattisesti. Toisaalta se vähentää työmäärää ja lisäksi laskentalaitteiden virhelähteet ovat systemaattisempia kuin yksittäisten laskijoiden.

4.2 Kuormitustiedon muodostaminen

Kun aineisto on kerätty, tiedetään viiden viikon jaksolta jokaisen bussinousun poistumispysäkki ja paino eli montaako selvittämätöntä nousua jokainen selvitetty nousu vastaa. Lisäksi runkolinjoilta, raitiovaunulinjoilta, lautalta ja lähijunista tiedetään jokaisen linjan keskimääräinen kuormitus pysäkinväleittäin samalta viiden viikon jaksolta. Näistä aineistoista tulee muodostaa kuormitustietotaulukko, joka toimii myös paikkatietona.

Joresta haetaan kaikki relevantit infopoiminnat ajalta 8.9.2014–12.10.2014. Alkuperäinen poistumistietomenetelmä analysoi vain yhden viikon kerrallaan ja käyttää vain yhtä infopoimintaa. Tässä työssä tarkastellaan kuitenkin viiden viikon jaksoa, joten infopoimintoja tulee yhdistellä.

Joren infopoiminta sisältää tiedoston `linja3.dat`, jossa kerrotaan, millaisia linjoja aikavälillä on olemassa. Kaikkien infopoimintojen `linja3.dat`-tiedostojen rivit yhdistetään ja linjoista suodatetaan esiin viimeksi päivitettyt ja tutkimusaikana voimassaolevat linjat ja tieto siitä, mistä infopoiminnasta linja löytyy. Sama linjakuvaus voi toistua monessa infopoiminnassa, mutta identtiset rivit poistetaan. Yhdistetyssä `linja3`-taulukossa voi olla yksi linjatunnus useamman kerran, mikäli linjalla on ollut esimerkiksi reittimuutos jonain

päivänä.

Saman tyyppinen yhdistely tehdään myös Joren infopoimintojen `pysakki.dat`-tiedostoille, joissa kuvataan pysäkkien numerot, nimet ja koordinaatit. Pysäkkien koordinaatit voivat muuttua infopoimintojen aikana, jos pysäkkiä siirretään, mutta vain vanhimmat koordinaatit tallennetaan.

Viimeinen infopoimintakäsittely tehdään `reittimuoto.dat`-tiedostoille. Tiedostoista luetaan yhdistetyn `linja3`-taulukon avulla relevantit muodot. Reittimuoto on lista koordinaateista, jotka kuuluvat jokaiselle joukkoliikennelinjalle. Reittimuodossa annetaan tieto, onko koordinaatti pysäkki, ohitettava pysäkki, risteys vai muotopiste esimerkiksi kaarevien muotojen piirtämistä varten. Mikäli koordinaatti vastaa pysäkkiä, ohitettavaa pysäkkiä tai risteystä, sille on annettu uniikki solmutunnus, joka pysäkin tapauksessa vastaa pysäkin numerokoodia.

Kun infopoiminnat on käsitelty edellä kuvatulla tavalla, voidaan ajaa poistumistietomenetelmä L-infon aineistolle. Menetelmä tukeutuu edellä käsiteltyihin infopoimintoihin. Menetelmä on esitelty aiemmin kappaleessa 2.2.

Nyt bussinousuille on selvitetty poistumispysäkit. Ne, joille ei selvitetty poistumispysäkkiä, on poistettu aineistosta ja selvitetuille nousuille on annettu korotuskerroin. Kerroin kertoo, kuinka montaa selvittämätöntä nousutapahtumaa ja matkaliputonta nousijaa yksi selvitetty nousu vastaa. Selvitettyt nousu- ja poistumistiedot siis yleistetään kunkin laajennusryhmän koko nousijamääräksi. Laajennusryhmät on muodostettu uniikkien linjatunnusten, suuntien, aikaryhmien ja viikonpäivätyyppien mukaan.

Seuraavaksi luodaan niin monta identtistä `reittimuoto`-taulukkoa kuin tutkimuspäiviä on eli tässä työssä 20 (5 viikkoa \times 4 arkipäivää). Jokaiseen `reittimuoto`-taulukkoon lisätään sarake `kuormitus`, joka kertoo, kuinka monta matkustajaa missäkin vaiheessa linjaa on ollut kyydissä. Kuormitus muodostetaan seuraavasti:

1. Valitaan päivämäärä ja tarkastellaan sen nousutapahtumia.
2. Valitaan nousutapahtuma ja tarkistetaan sen linjatunnus, suunta, päivämäärä (liikennöintipäivän mukaan), nousupysäkki ja poistumispysäkki sekä korotuskerroin.
3. Haetaan `reittimuoto`-taulukosta se linja, jonka linjatunnus ja suunta ovat samoja kuin edellä ja joka on voimassa nousun päivämääränä.
4. Haetaan `reittimuoto`-taulukosta haetun linjan reitiltä ne nousu- ja poistumispysäkit, jotka vastaavat nousutapahtumaa.
5. Lisätään `reittimuoto`-taulukon kuormitukseen kuormaa korotuskertoimen mukaan. Kuormaa lisätään alkaen nousupysäkin `reittimuoto`-riviltä päättyen poistumispysäkiriviä edeltäneelle riville. Jokaiselle väliin jäävälle riville lisätään kuormaa korotuskertoimen verran.

6. Valitaan seuraava nousutapahtuma ja jatketaan kunnes nousutapahtumat loppuvat. Sen jälkeen valitaan uusi seuraava päivämäärä ja aloitetaan alusta.

Mikäli linja ei jonain päivänä ole voimassa, kuormitukseksi kirjataan NA.

Ulkoisisten tietokantojen tiedot tulevat arkipäivän keskiarvoina, mutta bussien kuormitus on tässä kohtaa vielä päivämäärittäin. Otetaan siis kuormituksista keskiarvo kaikkien päivämäärien yli. Mikäli pysäkinvälin kuormitus on NA, sen ei anneta vaikuttaa keskiarvoon. Toisin sanoen keskiarvo lasketaan vain niistä päivistä, jolloin linja on ollut voimassa.

Viimeiseksi lisätään mukaan ulkoisista tietokannoista haettu tutkimusjakson keskimääräinen kuormitus pysäkinväleittäin. Aineisto on kerätty pysäkinväleittäin kuten taulukossa 4.4 nähdään. Kuormitusta lisätään **reittimuoto**-taulukkoon samalla tavalla kuin bussinousujen tapauksessa, mutta toistokertoja on vähemmän, sillä päivämäärä- ja nousutapahtumajaottelua ei ole.

Nyt meillä on valmis **reittimuoto**-taulukko, jossa kerrotaan jokaisen linjan reittikoordinaatit, pysäkit, voimassaoloajat ja kuormitus. Seuraava vaihe on saattaa **reittimuoto**-taulukko sellaiseen paikkatietomuotoon, jota QGIS-ohjelmisto osaa lukea.

4.3 Paikkatiedon muodostaminen

Kun jokaisen linjan keskimääräinen kuormitus on muodostettu, voidaan **reittimuoto** piirtää paikkatietomuotoon. Paikkatieto muodostetaan kahdella eri tavalla, jotta voidaan tarkastella sekä linjojen kuormitusta että väylien kuormitusta. Paikkatietoesitysten eroavaisuudet ovat viivojen ryhmittelyssä ja tallennetuissa tiedoissa.

Linjakohtaisessa paikkatietoesityksessä linjaviiivat piirretään jokaiselle linjalle erikseen ja viivat kulkevat pysäkiltä pysäkillä. Jokaiselle pysäkinvälille kerrotaan linjatunnus, suunta, linjan voimassaoloajan alku- ja loppupäivämäärät, pysäkinvälin alku- ja loppupysäkin numerokoodi ja nimi, linjan kulkumuoto ja linjan kuormitus pysäkinvälillä. Kun paikkatietoesitys on valmis, kaikkia linjoja ei ole tarkoitus tarkastella yhtä aikaa, vaan taulukosta suodatetaan esiin mielenkiintoisia linjoja ja verrataan niitä toisiinsa.

Väyläkohtaisessa paikkatietoesityksessä väyläviivat piirretään jokaisen pysäkin, ohitettavan pysäkin tai risteyksen väliin. Viivoja piirretään siis huomattavasti tiheämmin kuin linjakohtaisessa esityksessä. Väyläkohtainen kuormitus saadaan summaamalla kuormitus niillä viivoilla, joiden alku- ja loppusolmut ovat samat. Tuloksena on kuormitus, joka kertoo, kuinka paljon matkustajia on kaikissa kyseistä väylän osaa käyttävissä joukkoliikennelinjoissa yhteensä. Kun paikkatietoesitys on valmis, koko verkosto voidaan esittää yhtä aikaa ja etsiä, millä väylillä on eniten joukkoliikennematkustajia. Väyläkohtainen verkosto on verrannollinen henkilöautojen liikennelaskentojen paikkatietoesitykseen.

R muodostaa paikkatietoesityksen **rgdal**-paketin avulla. Joren koordinaatit tulee kiinnittää

koordinaattijärjestelmään PROJ.4-referenssikoodin avulla. Joren koordinaatit ovat KKJ2-järjestelmässä, jonka PROJ.4-koodi on:

```
+init=epsg:2392 +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=24 +k=1 +x_0=2500000 +y_0=0  
+ellps=intl +towgs84=-96.062,-82.428,-121.753,4.801,0.345,-1.376,1.496  
+units=m +no_defs
```

KKJ2 on väistynyt koordinaattijärjestelmä, joten paikkatieto kannattaa esittää mieluummin uudemmassa järjestelmässä. Tässä työssä koordinaatit muutetaan ETRS-GK25FIN-koordinaattijärjestelmään. Sen PROJ.4-koodi on:

```
+init=epsg:3879 +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=25 +k=1 +x_0=25500000 +y_0=0  
+ellps=GRS80 +towgs84=0,0,0,0,0,0,0 +units=m +no_defs
```

Paikkatiedoksi ei muuteta kaikkia linjoja vaan ainoastaan ne, jotka ovat voimassa valittuna referenssipäivämääränä. Valittujen linjojen kuormitus on edelleen keskiarvo useammasta arkipäivästä, mutta nyt samasta linjasta ei piirretä useampaa erikoisreittiä. Tämä helpottaa matkustussuorituksen laskemista. Referenssipäivämäärä pitää valita niin, että silloin on voimassa mahdollisimman paljon tavallisia reittejä ja mahdollisimman vähän erikoisreittejä.

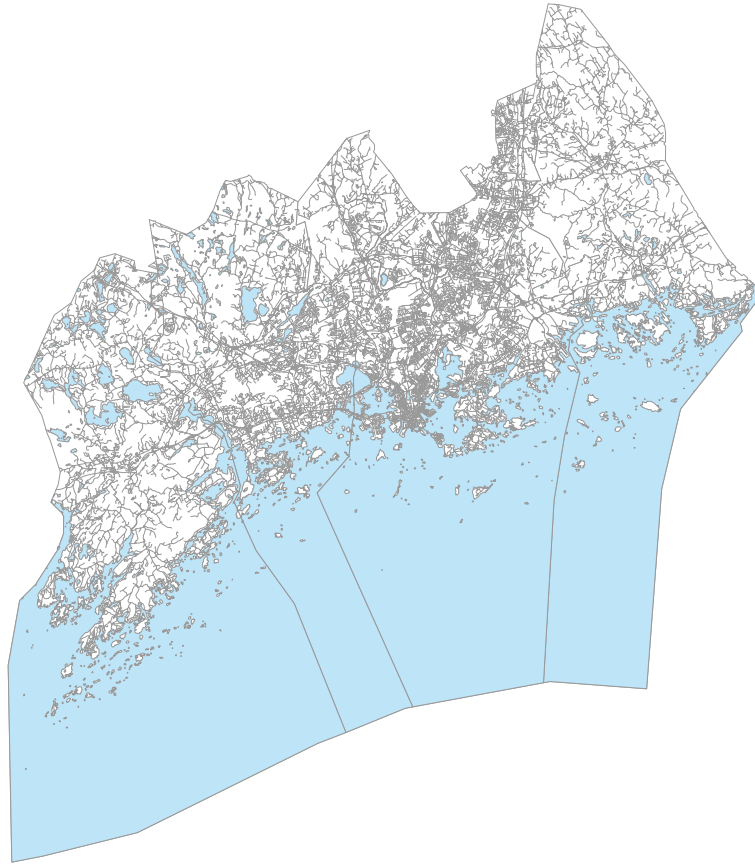
4.4 Taustakartta

Aiemmin kuvatulla menetelmällä tuotetaan paikkatietoa eri joukkoliikennevälineiden kuormituksista. Jotta tämä voidaan esittää ymmärrettävästi, tarvitaan myös karttaesitykseen taustakarttoja.

Taustakartta on haettu Maanmittauslaitoksen ylläpitämästä Avoimien aineistojen tiedostopalvelusta. Maanmittauslaitoksen maastokartasta (1:100 000) on ladattu HSL-alueen sisältävät ruudut L41, L43, K42 ja K44. Pakettien sisältämistä tasoista käytetään tasoja VesiAlue, HallintoAlue ja TieViiva. VesiAlue-taso sisältää kaikki meret ja järvet, HallintoAlue-taso kunnat ja TieViiva tiet ja kadut. Aineisto tulee ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa, jonka PROJ.4-koodi on:

```
+init=epsg:3067 +proj=utm +zone=35 +ellps=GRS80 +towgs84=0,0,0,0,0,0,0  
+units=m +no_defs
```

Taustakarttojen koordinaattijärjestelmä voidaan muuttaa QGIS-ohjelmistossa. Kuvassa 4.1 taustakartta näkyy koko HSL-alueen laajuudessa. Taustakartta on vaihdettavissa mihin tahansa muuhun karttaan, sillä sen päätehtävä on visualisointi ja kuntien rajojen kuvaaminen.



Kuva 4.1: Taustakartta koko HSL-alueen laajuudessa.

4.5 Matkustussuoritteiden laskeminen

Autoilun ja joukkoliikenteen kulkutapaosuuksia verrataan toisiinsa matkustussuoritteiden avulla. Vaikka tämän työn tarkoitus oli vertailla henkilöautoilua ja joukkoliikenteen käyttöä HSL-alueen laajuudessa, autoliikenteen liikennemääriä on mitattu tiheimmin pääkaupunkiseudun kuntien laskennoissa. Siksi alue rajataankin pääkaupunkiseutuun.

Vertailu hoituu paikkatieto-ohjelman kautta. Vertailussa käytetään joukkoliikenteen linjakuormituksia ja autoliikenteen väyläkuormitukset. Leikataan kumpikin taso pääkaupunkiseudun kuntien ulkorajalla (QGIS: Vector -> Geoprocessing Tools -> Clip) siten, että viivaobjektit katkeavat rajalla. Nyt joukkoliikenteen verkostossa on J viivaa ja autoliikenteen verkostossa I viivaa.

Lasketaan jokaisen viivan pituus ja lisätään tieto omaksi sarakkeeksi attribuuttitaulukkoon (QGIS: Attributes Toolbar -> Field Calculator). Sen jälkeen lisätään molempiin attribuuttitaulukkoihin sarake viivan matkustussuoritteelle. Matkustussuorite joukkoliikenteessä viivalla j on

$$\text{matkustussuorite}_j = \text{pituus}_j \cdot \text{kuormitus}_j \quad (4.1)$$

ja autoliikenteessä viivalla i

$$\text{matkustussuorite}_i = \text{pituus}_i \cdot \text{liikennemäärä}_i \cdot 1,3 \quad (4.2)$$

jossa tulon viimeinen termi (1,3) on henkilöauton keskiuormitus.

Suoritteen laskennassa tulee huomioda, että kuormitussarake sisältää arvon -1 , mikä on QGIS:n tapa ilmaista R:n käyttämä NA. Arvot tulee muuttaa nolaksi ennen suoritteen laskemista. Se hoidetaan yksinkertaisella ehtolausekkeella:

```
if( "kuormitus" = -1, 0, "kuormitus" ) * "pituus"
```

eli kuormituksen ollessa -1 , sen arvo muutetaan nolaksi.

Lopuksi lasketaan yhteen suoritteet koko verkolla. Henkilöautojen matkustussuorite on

$$\text{matkustussuorite autoliikenteessä} = \sum_{i=1}^I \text{matkustussuorite}_i \quad (4.3)$$

ja joukkoliikenteen matkustussuorite on

$$\text{matkustussuorite joukkoliikenteessä} = \sum_{j=1}^J \text{matkustussuorite}_j. \quad (4.4)$$

QGIS-ohjelmistosta löytyy attribuuttikenttien tilastolliseen analyysiin tarkoitettu Statistics Panel, jolla voi laskea matkustussuoritteiden summan.

Luku 5

Tulokset

Edellisessä kappaleessa kuvatulla menetelmällä saadaan arvioitua matkustussuoritetta joukkoliikenne- ja autoverkolla. Lisäksi saadaan tietoa joukkoliikennelinjojen kuormituksesta pysäkinväleittäin ja teiden ja katujen kuormituksesta.

Tulokset saadaan QGIS-ohjelmasta. Taulukossa 5.1 on esimerkkituloste linjojen kuormitusta kuvaavan tason attribuuttitaulukosta. Väyliä kuvaava taulukko on muuten samanlainen, mutta vain sarakkeet suu, alkupys, loppupys ja kuormitus ovat mukana.

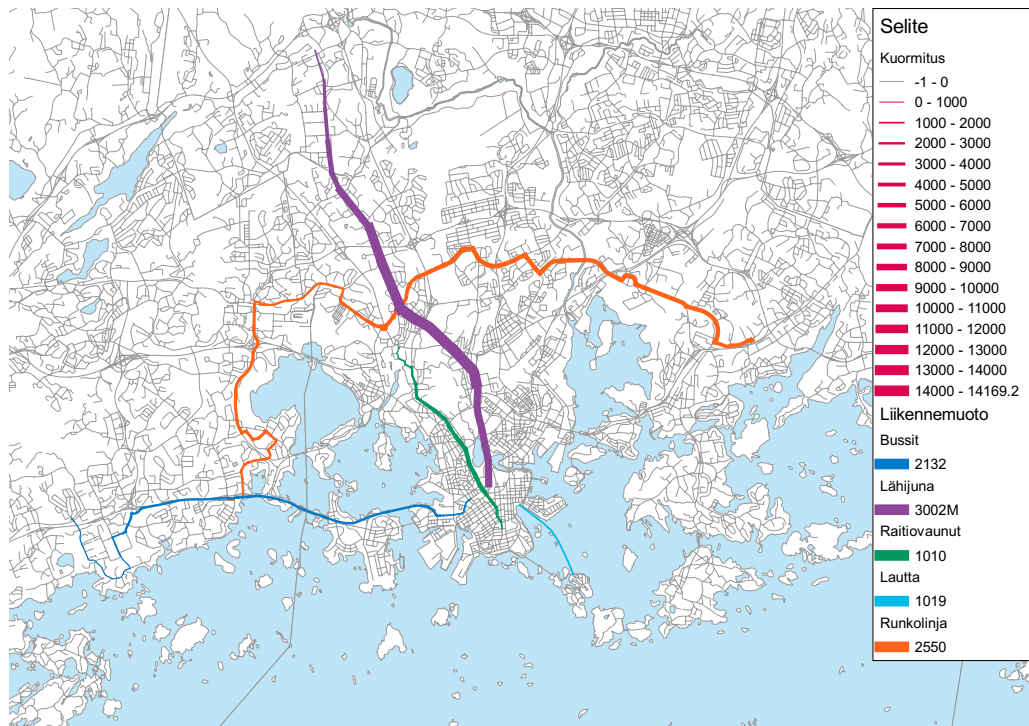
Joukkoliikenteen matkustussuorite pääkaupunkiseudun alueella on 6 172 270 hlökm/vrk ja autoliikenteen 18 689 300 hlökm/vrk. Joukkoliikenteen kulkutapaosuus joukkoliikenteen ja henkilöautoilun matkustussuoritteesta on 25 %.

Linjan kuormitus kuvaa keskimääräisen syksyn arkivuorokauden yhteenlaskettua kuormitusta pysäkinväleittäin. Suodattaminen onnistuu kaikissa liikennevälineissä: busseissa, junissa, raitiovaunuissa, runkolinjoissa ja lautalla. Teoriassa kuormitus voitaisi laskea ja visualisoida myös vuoroittain (linja 132 Friisilänaukiolta Kamppiin klo 7:34), mutta bussien kuormitustietoihin liittyvän epävarmuuden vuoksi sitä ei suositella. Esimerkkejä linjojen kuormituksista näkyy kuvassa 5.1.

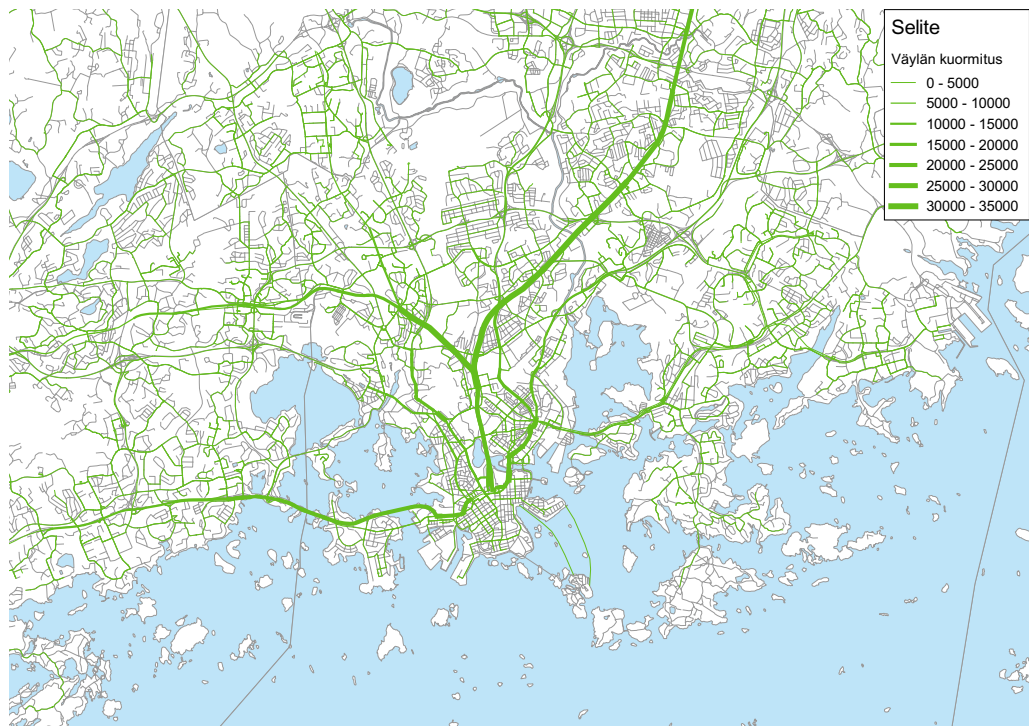
Erona linjojen kuormitukseen on, että nyt kaikki linjat ovat päällekkäisiltä osin summattu yhteen joten kuormitus kuvaa väylällä olevaa kuormitusta eikä yksittäisiä linjoja. Näin tulosta voidaan myös verrata autoliikenteen liikennelaskentoihin, jotka nimenomaan mittaavat väylän kuormitusta mittauspisteissä. Esimerkki väylien kuormituksista näkyy kuvassa 5.2.

Taulukko 5.1: Valmiin paikkatiedon attribuuttitaulukko (* myös väylittäisessä taulukossa).

rei	tunnus	suu*	alkupvm	loppupvm	kuormitus*	alkupys*	loppupys*	alkupys_n	loppupys_n	kulkumuoto
2132		1	20140811	20501231	1700,8	1040278	1040233	Kamppi, laitur	48	Lapinrinne Bussi
2132		1	20140811	20501231	1797,3	1040233	1201229	Lapinrinne		Länsiväylä Bussi
2132		1	20140811	20501231	1945,3	1201229	2222205	Länsiväylä		Hanasaari Bussi



Kuva 5.1: Esimerkki linjojen kuormituksen visualisoinnista. Kaikki linjat on piirretty suuntaan 2.



Kuva 5.2: Esimerkki väylien kuormituksen visualisoinnista. Koottu linjoista, jotka kulkevat suuntaan 2.

Luku 6

Pohdinta

Tässä luvussa arvioidaan käytettyjen aineistojen luotettavuutta ja edellisessä kappaleessa saatujen tulosten todenmukaisuutta. Bussiliikenteen aineistoja arvioidaan sen perusteella, kuinka hyvin poistumistietomenetelmän käyttö onnistui. Muita joukkoliikennemuotojen luotettavuus riippuu matkustajalaskentalaitteiden määrästä ja mittausasteesta. Kuormitus- ja suoritetuloksia verrataan Helsingin kaupungin liikennelaskentatuloksiin ja HSL:n liikkumistutkimukseen. Arvioinnin jälkeen pohditaan sitä, voiko kuormitusmenetelmällä tuotettua joukkoliikenneosuutta muuttaa yhteiseen muotoon liikkumistutkimuksen tulosten kanssa. Lopuksi annetaan kehitysehdotuksia aineistojen ja menetelmän tarkkuuden parantamiseksi.

6.1 Aineistojen luotettavuus

Poistumistietomenetelmän toiminnan yhteenveto löytyy taulukosta 6.1. Menetelmällä löydettiin poistumispysäkki 71,8 % nousuista. Poistumispysäkin oikeellisuutta ei voida varmentaa, sillä sellaista aineistoa ei ole saatavilla. Tulevaisuudessa menetelmän toimivuutta voi olla mahdollista testata matkapuhelimien sijaintitietojen avulla, mikäli matkakortin tunniste ja matkapuhelin saadaan yhdistettyä.

Sille, ettei poistumispysäkkiä löytynyt, on useita syitä. Avoimen rahastusjärjestelmän liikennemuotojen käyttäminen lienee suurin syy siihen, että matkakortille on rekisteröitynyt päivän aikana vain yksi leimaus (10,8 %), seuraava nousupysäkki on yli kilometrin päässä edellisen linjan reitiltä (8,3 %) tai seuraavalle nousupysäkillä on lyhyempi kävellä kuin matkustaa edellistä nousua vastaavalla linjalla (7,6 %). Nämä poistumistietomenetelmän epäonnistumiset ovat merkkejä siitä, että matkakortilla olevat leimaukset eivät ole kattavia kuvauksia henkilön todellisista matkoista. On toki mahdollista, että henkilö on myös tehnyt auto-, pyörä- tai jalankulkumatkoja joukkoliikennematkojen välissä ja siksi nousut eivät muodosta loogista kokonaisuutta.

Kaksi vähäisintä poistumismenetelmän epäonnistumisen syytä viittaavat virheisiin tietokannoissa. Poistumispysäkin koordinaattien puute (1,0 %) saattaa olla merkki Joren

Taulukko 6.1: Poistumistietomenetelmän onnistuminen syksyn 2014 aineistossa.

Poistumispyysäkin haku	Lukumäärä	Osuus
Onnistui	7 652 883	71,8 %
Ei onnistunut		
Vain yksi leimaus päivän aikana	1 153 611	10,8 %
Seuraava nousupysäkki liian kaukana reitiltä	882 079	8,3 %
Seuraavalla nousupysäkillä lyhyempi kävellä	806 204	7,6 %
Poistumispyysäkillä ei löytynyt koordinaatteja	107 501	1,0 %
Nousulle ei löytynyt nousupysäkkiä	56 544	0,5 %

tai infopointojen virheistä. Nousupysäkin puuttuminen (0,5 %) voi viitata siihen, että nousu on rekisteröitynyt väärin L-infoon. Toki nousut voivat rekisteröityä väärin muissakin tapauksissa ja se voi näkyä esimerkiksi vääränä linjana tai nousupysäkinä. Tarkempi analyysi vaatii asiantuntemusta matkakorttijärjestelmästä.

Niillä linjoilla, joilla on käytössä avoin rahastusjärjestelmä, kuormitustiedon luotettavuutta voidaan arvioida mitattujen vuorojen osuudella. Lauttaliikenteen tiedot ovat erittäin luotettavia, sillä jokainen matkustaja lasketaan käsin meriliikenteen turvallisuusvaatimusten vuoksi. Muissa liikennemuodoissa tulee tutkia automaattisten liikennelaskentalaiteiden mittaustasetta.

Runkolinjan 550 mittausaste on 32,4 % eli 2026 vuoroa on mitattu 6260 ajetusta vuorosta. Olettaen, että laskentalaiteelliset bussit ovat kiertäneet vuoroilla päivän mittaan tasaisesti, kuormitustietoa voidaan pitää luotettavana. Raportointisovelluksen taustaohjelma laajentaa mitattujen vuorojen tulokset automaattisesti pyydettyyn tarkkuuteen, mutta algoritmit eivät näy käyttäjälle.

Raitiovaunujen mittausaste näkyy taulukossa 6.2. Kuten havaitaan, raitiovaunuvuorot ajetaan varsin harvoin laskentalaiteellisilla vaunuilla, koska laskentalaiteilla varustettuja vaunuja on melko vähän. Niillä linjoilla, joilla mittausaste on erittäin matala, laskentavaunut kiertävät vain muutamana päivänä säännöllisesti eri vuoroilla ja muina päivinä ne ovat mukana parilla vuorolla tai eivät ollenkaan. Raitiovaunujen kuormitus on tässä työssä käytetyistä aineistoista epäluotettavin.

Lähijunien mittausaste näkyy taulukossa 6.3. Mittausaste riippuu vahvasti junan pääteasemasta, sillä mitä kauemmas Helsingistä juna on matkalla, sitä harvemmin junassa on laskentalaiteilla varustetut vaunut. HSL-alueen sisäpuolella liikennöivillä junilla mittausaste on 21–55 % kun taas HSL-alueen ulkopuolella se on 2–18 % tai 9–18 %, kun jätetään yöllä kulkeva T-juna huomioimatta. Kuten kappaleessa 3.1.2 kerrottiin, puuttuvien juna-vuorojen nousijamäärät imputoidaan muusta aineistosta eli lainataan saman tyyppisen vuoron nousijamäärää. Siten aineisto on kohtalaisen luotettavaa.

Taulukko 6.2: Raitiovaunujen vuoromäärät linjoittain tutkimusjaksolla (suluissa päivässä) ja niiden mittausaste.

Linja	Mitatut vuorot	Vuoroja yhteensä	Mittausaste
1 ja 1A	79	2740 (137)	2,9 %
2	224	4560 (226)	5,0 %
3	216	4560 (228)	4,7 %
4 ja 4T	908	6880 (344)	13,2 %
6 ja 6T	184	4940 (247)	3,7 %
7A	350	4280 (214)	8,2 %
7B	644	4280 (214)	15,0 %
8	148	4680 (234)	3,2 %
9	764	4800 (240)	15,9 %
10	1114	6480 (324)	17,2 %

6.2 Tulosten arviointi

Tässä työssä kehitetyssä kuormitustietomenetelmässä muodostettiin linjojen ja väylien kuormitukset. Tähän asti linjojen kuormituksia ei ole mitattu säännöllisesti vaan lähinnä silloin, kun joukkoliikennesuunnittelija sitä pyytää. Helsingin kaupunki ja HSL toteuttavat kuitenkin vuosittain henkilöliikennelaskentoja Helsingin laskentalinjoilla, jotka näkyvät vihreällä kuvassa 6.1. Henkilöliikennelaskenta toteutetaan poikkileikkaukslaskentana laskentalinjojen ja katujen leikkauspisteessä. Myös kuormitustietomenetelmän tuottamasta paikkatiedosta on mahdollisuus hakea joukkoliikenteen matkustajamääriä poikkileikkauksissa. Tulokset sekä liikennelaskennoista että kuormitusmenetelmästä on koottu taulukkoon 6.4

Absoluuttinen virhe on muodostettu kaavalla $x - x_0$, jossa x on kuormitusmenetelmän tulos ja x_0 alkuperäinen liikennelaskennasta saatu tulos. Suhteellinen virhe saadaan kaavalla $\frac{x-x_0}{x_0}$. Vaikka kuormitusmenetelmän tuloksia verrataan tässä liikennelaskennan tuloksiin, nekin voivat olla virheellisiä.

Kuormitusmenetelmän virhe laskentatuloksiin verrattuna ei ole systemaattista, mutta hajontaa on paljon. Suurimmassa osassa laskentapistettä sekä laskentatulokset että kuormitusmenetelmän tulokset ovat samansuuntaisia, mutta karkeitä virheitä löytyy useita kuten Hakaniemen sillalla ja Ilmalankadulla. Erikoinen tulos on myös Hermannin rantatiellä, jossa ei liikennelaskennan mukaan ole joukkoliikennettä, mutta kuormitusmenetelmällä matkustajia löytyi yli kaksi tuhatta. Joukkoliikenteen laskennat toteutetaan Helsingin kaupungin ja HSL:n yhteistyönä ja jotkin kadut kuten Hermannin rantatie eivät kuulu HSL:n laskennan piiriin. (Keskustelu, Katja Onnenlehto, ryhmäesimies, HSL, 7.7.2017)

Liikennelaskenta suoritetaan arvioimalla silmämääräisesti ohiajavienväli-

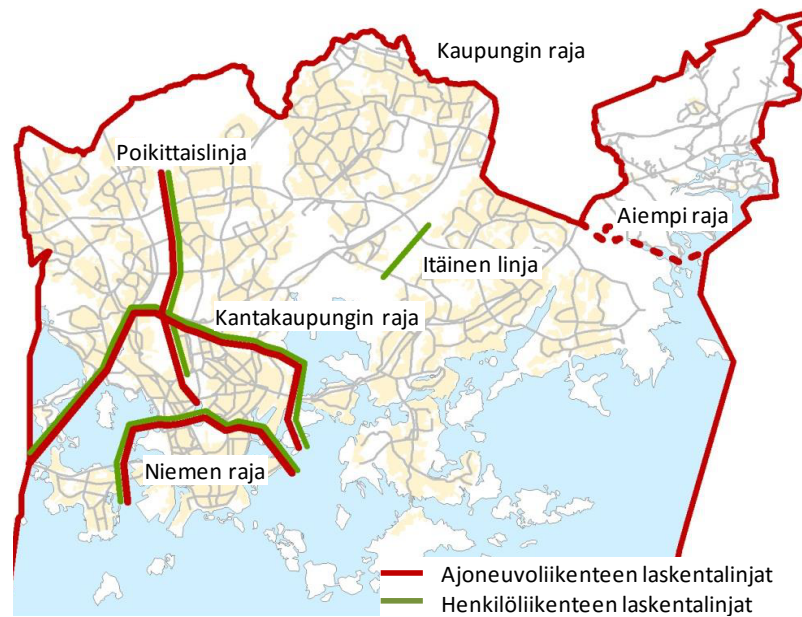
Taulukko 6.3: Lähijunien mittausaste tutkimusjaksolla.

Linja	Pääteasema	Mittausaste
A	Leppävaara (Espoo)	54,7 %
E	Kauklahti (Espoo)	39,9 %
L	Kirkkonummi	41,4 %
S	Kirkkonummi	42,6 %
U	Kirkkonummi	29,3 %
Y	Karjaa	8,6 %
M	Vantaankoski (Vantaa)	47,4 %
H	Riihimäki	15,3 %
I	Tikkurila (Vantaa)	34,6 %
K	Kerava	21,3 %
N	Kerava	36,2 %
R	Riihimäki	12,7 %
T	Riihimäki	2,1 %
Z	Lahti	17,8 %

neiden kuormitusta. On siis vaikea sanoa, kuinka suuri osa laskentatulosten ja kuormitusmenetelmätulosten eroista johtuu käsinlaskennan virhelähteistä ja kuinka suuri osa kuormitusmenetelmän epävarmuudesta. Liikennelaskenta suoritetaan kahtena arkipäivänä klo 7:00-19:00 välisellä ajalla ja tulokset laajennetaan koskemaan koko vuorokautta. Toisaalta kahden arkipäivän mittaus voi olla liian suppea kuvaamaan koko syksyn keskiarvoa ja toisaalta laajennus ei välttämättä kuvaa todellista liikennettä yön ja aamuyön tunteina. Lisäksi käsinlaskennoissa on aina mukana inhimillisen virheen mahdollisuus. (Keskustelu, Katja Onnenlehto, ryhmäesimies, HSL, 7.7.2017)

Samoilla laskentalinjoilla lasketaan myös henkilöautojen lukumäärää ja sitä kautta matkustajien lukumäärää, mutta niitä ei verrata tässä työssä saatuihin tuloksiin. Sekä laskentatulokset että tässä menetelmässä käytetty liikennemääräkartta perustuvat samaan aineistoon eli Helsingin liikennelaskentoihin. Erot tuloksissa syntyisivät erisuuruisen henkilöauton keskikuormituksen käytössä. Helsingin kaupunki käyttää niemen rajalla ja kantakaupungin rajalla laskentalinjakohtaista henkilöauton keskikuormitusta ja poikittaislinjoilla katukoh-
taisia keskikuormituksia. Tämän työn menetelmässä käytetään kaikkialla yhtä ja samaa kerrointa.

Matkustussuoritteesta ei ole suoraan verrattavia tuloksia. Tässä työssä kehitetyssä kuormitusmenetelmässä matkustussuorite kuvaa sitä, kuinka suuri henkilöautoilun ja joukkoliikenteen matkustussuorite on pääkaupunkiseudun rajojen sisällä. Sen sijaan vuoden



Kuva 6.1: Helsingin kaupungin laskentalinjat. (Helsingin kaupunki 2015)

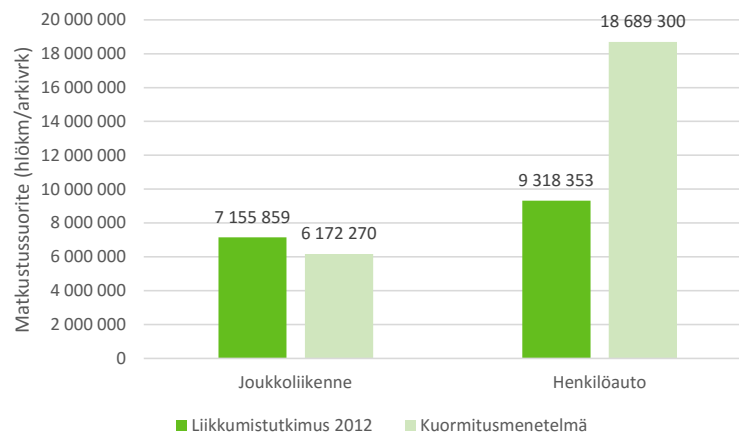
2012 liikkumistutkimuksessa tutkitaan Helsingin seudun 14 kunnan asukkaiden matkoja eli vastaajajoukko on suppeampi.

Vuoden 2012 liikkumistutkimuksessa saatiin pääkaupunkiseudun asukkaiden pääkaupunkiseudun sisällä tehtyjen matkojen matkustussuoritteeksi 7 155 858,7 hlökm/vrk joukkoliikenteessä ja 9 318 353 hlökm/vrk henkilöautolla (HSL 2012). Vertailu kuormitusmenetelmän tuloksiin näkyy kuvassa 6.2.

Sekä liikkumistutkimuksen että kuormitusmenetelmän tulokset ovat samaa suuruusluokkaa niin joukkoliikenteen kuin henkilöautoilunkin osalta. Sen tarkempia johtopäätöksiä ei ole syytä tehdä, sillä tutkimusten lähtökohdat ovat liian erilaiset. Eroavaisuuksia liikkumistutkimuksen ja kuormitusmenetelmän lähtökohdissa on lueteltu alla.

- Liikkumistutkimuksessa on mukana vain pääkaupunkiseudun asukkaat, mutta kuormitusmenetelmässä kaikki matkustajat.
- Liikkumistutkimuksessa on mukana vain matkat, joiden alku- ja loppupiste sijaitsevat pääkaupunkiseudun sisällä, mutta kuormitusmenetelmä laskee kaikki matkan osat, jotka ovat pääkaupunkiseudun sisäpuolella mitatuilla väylillä.
- Liikkumistutkimuksessa joukkoliikenteeseen kuuluvat kaikki joukkoliikennemuodot, mutta kuormitusmenetelmässä metro ei ole mukana kuormitusprofiilitietojen puuttumisen vuoksi.

Matkustussuoritteiden pohjalta voidaan laskea joukkoliikenteen kulkutapaosuus samaan tapaan, kuin kuvassa 2.1 se laskettiin henkilöauto- ja joukkoliikennematkojen suhteena.



Kuva 6.2: Vuoden 2012 liikkumistutkimuksen (HSL 2012) ja kuormitusmenetelmän matkustussuoritteiden vertaaminen.

Vuoden 2012 liikkumistutkimuksesta joukkoliikenteen kulkutapaosuudeksi saadaan 43 % ja kuormitusmenetelmästä 25 %.

Kuormitusmenetelmän antamat matkustussuoritteet eivät ole täysin verrannollisia, sillä ne perustuvat erilaiseen liikenneverkkoon. Joukkoliikenteen matkustussuorite on hyvin kattava, mutta autoliikennettä on mitattu vain suurimmilla teillä ja kaduilla eli suurin osa liikenteestä on mittaamatta. Lisäksi joukko- ja autoliikenne on piirretty erilaisella geometrialla eli vaikka yritetään kuvata samaa tieosaa, joukkoliikenne on useimmiten paljon tarkemmin piirretty kuin autoliikenne.

6.3 Kuormitusmenetelmä liikkumistutkimusten välivuosina

Liikkumistutkimuksessa selvitetty joukkoliikenteen kulkutapaosuus on jo vuodesta 1966 lähtien ilmoitettu joukkoliikennematkojen osuutena joukkoliikenne- ja henkilöautomatkoista, kuten on esitelty kuvassa 2.1 Osuutta on tutkittu vain pääkaupunkiseudun asukkaiden pääkaupunkiseudulla tehdyistä matkoista. Myös matkasuoritteeseen pohjattavia kulkutapaosuuksia on muodostettu, mutta vasta vuosien 2007–2008 ja 2012 liikkumistutkimuksissa. (Sähköposti, Timo Elolähde, liikennetutkija, HSL, 4.7.2017) Olisi siis kiinnostava tietää, voidaanko kuormitusmenetelmän tulokset muuntaa vastaamaan matkojen perusteella laskettuja kulkutapaosuuksia.

Seuraavassa tarkastelussa oletetaan, että kuormitusmenetelmää on sovellettu syksyn 2012 aineistoihin eli samana vuonna kuin liikkumistutkimus on viimeksi toteutettu. Oletetaan myös, että aineisto kattaa kaikki joukkoliikennemuodot eli myös metron kuormitusprofiili on saatu muodostettua. Kuormitusmenetelmän käyttämä aineisto on siis niin kattavaa kuin mahdollista ja matkasuoritetulokset ovat mahdollisimman luotettavia.

Ensimmäinen ongelma on se, että kuormitusmenetelmän ja liikkumistutkimusten lähtökohdat ovat hyvin erilaiset. Kuten jo kappaleessa 6.2 selostettiin, kuormitusmenetelmässä tutkitaan kaikkia matkustajia ja liikkumistutkimuksessa pääkaupunkiseudun asukkaita. Lisäksi kuormitusmenetelmässä tutkitaan pääkaupunkiseudun rajojen sisällä tapahtuvaa liikkumista ja liikkumistutkimuksissa matkoja, joiden alku- ja loppupiste sijaitsevat pääkaupunkiseudulla.

Ongelma on kierrettävissä joukkoliikenteessä, mikäli kuormitusmenetelmän joukkoliikenneaineistoon yhdistetään HSL:n lippulajitutkimusten tuloksia ja matkalippujärjestelmän kuntalaisuus- ja pysäkkietietoja. Lippulajitutkimuksissa tutkitaan avoimeen rahastusjärjestelmään kuuluvien joukkoliikennemuotojen matkustajien kuntalaisuutta ja reittivalintaa. Siten kuormitusmenetelmän käyttämästä aineistoja voitaisiin poistaa ulkopaikkakuntalaiset ja se osa kuormitusta, joka vastaa rajojen ulkopuolelle kulkevaa liikennettä.

Vastaavaa menettelytapaa ei ole tiedossa autoliikenteen puolella. On mahdotonta sanoa, missä kunnassa auton kuljettaja ja matkustajat asuvat, tai ovatko ajomatkan lähtö- ja päätepisteet pääkaupunkiseudulla. Ehkä tulevaisuudessa autojen liikkeitä voidaan seurata GPS-paikantimien rekisterikilpien perusteella, josta myös selviää auton omistajan kotikunta.

Autoliikenteen matkustussuorite saadaan muunnettua matkojen lukumääräksi, mikäli keskimatka eli yhden matkan keskimääräinen pituus tunnetaan. Silloin automatkojen lukumääräksi saadaan

$$\text{matkojen lukumäärä} = \frac{\text{matkustussuorite}}{\text{keskimatka}}. \quad (6.1)$$

Joukkoliikenteessä tilanne on monimutkaisempi. Mikäli tunnetaan keskimatka koko joukkoliikennejärjestelmässä, toimii sama lähestymistapa kuin autoliikenteessä. Esimerkiksi HSL:n lippulajitutkimuksissa keskimatka on määritetty kuitenkin liikennemuotokohtaisesti eli erikseen esimerkiksi junille ja raitiovaunuille. Liikennemuotokohtainen nousujen lukumäärä on silloin

$$\text{nousujen lukumäärä}_x = \frac{\text{matkustussuorite}_x}{\text{keskimatka}_x}, \quad (6.2)$$

jossa x vastaa runkolinjaa, raitiovaunua, metroa, junaa tai lautta. Kaikkien joukkoliikennenusujen lukumäärä on

$$\text{joukkoliikennenusujen lukumäärä} = \sum_x \text{nousujen lukumäärä}_x. \quad (6.3)$$

Nousuista saadaan matkoja, mikäli tiedetään kuinka paljon vaihtoja yhteen joukkoliikennematkaan keskimäärin kuuluu. Mikäli tällainen tieto on olemassa, joukkoliikennematkojen lukumäärä on

$$\text{joukkoliikennematkojen lukumäärä} = \frac{\text{joukkoliikennenusujen lukumäärä}}{1 + \text{vaihtojen lukumäärä}}. \quad (6.4)$$

Muunnosta ei voitu soveltaa tässä diplomityössä, sillä aiemmin asetetuista oletuksista liian moni jäi toteutumatta.

6.4 Kehitysehdotukset

Autoliikenteen liikennemääräkartat tulisi ehdottomasti piirtää samalla geometrialla kuin mihin joukkoliikenteen geometria eli Joren reittimuoto pohjautuu. Silloin henkilöautoliikenteen ja joukkoliikenteen vertailu onnistuisi erityisen hyvin väylätasolla, mutta myös matkustussuorituksen tulkittavuus paranisi. Lisäksi tulisi ottaa vielä tarkempaan tarkasteluun, mistä liikennevälineistä kaupunkien liikennemäärälaskelmat on mitattu. Tässä työssä oletetaan, että HSL:n liikennemääräkartta kuvaa henkilöautoja, mutta kaupunkien liikennelaskentalaitteet eivät tosiasiaassa erottele kuin kevyet ajoneuvot raskaista. Tämä tarkoittaa, että kevyiden ajoneuvojen joukossa on henkilöautoja, takseja, pakettiautoja ja moottoripyöriä.

Automaattisista laskentalaitteista saatu aineisto on tämän työn sovellutusta varten koottu käsin skriptin ymmärtämään muotoon. Eri tietokantojen raportointisovelluksiin tulisi luoda valmiit raporttipohjat, jotta tarvittavat kuormitustiedot saataisiin joka vuosi samalla tavalla jäsennehtynä. Jos raporttipohja pysyy samana, on mahdollista luoda R- tai Visual Basic -skripti taulukoiden lukemiseen, jolloin käsinlaskennan määrä vähenee.

Kuormitusmenetelmän aineistohakua on testattu vain vuonna 2014. Vuoden 2015 käsittely toimii tietokantojen puolesta samalla tavalla. Muina vuosina ongelmia aiheuttavat tietokantamuutokset kuten kappaleissa 3.1 ja 3.2 on kerrottu. Vuonna 2016 bussiliikenteessä alkoi muutos LIJ-tietokantaan, johon ei ole vielä ohjelmoitu sopivia rajapintoja poistumistietomenetelmässä. Poistumistietomenetelmän toimiminen riippuu myös Joren infopointojen saatavuudesta. Uusien pointojen tekeminen vanhoista linjoista voi osoittautua ongelmalliseksi. Kuormitustietojen muodostaminen ennen vuotta 2013 on ongelmallista myös lähijunien ja raitiovaunujen käsinlaskenta-aineistojen vuoksi. Nämä aineisto-ongelmat tulee ratkaista, mikäli halutaan saavuttaa pitkä aikasarja kuormitusmenetelmän kulkutapausuoksista.

Kuormitusmenetelmän skripti pohjautuu aiempaan poistumistietomenetelmän skriptiin. Skriptiä oli viimeksi muutettu poistumistiedon selvittämisen osalta joulukuussa 2014. Skriptin muita osia kuten matkan keskipituuden määrittämistä on muutettu viimeksi lokakuussa 2015. Skriptiin tehtiin muutoksia ja päivityksiä tätä työtä varten. Mikäli skriptistä halutaan vakaampi, se pitäisi kuitenkin ohjelmoida uudestaan L-infon aineiston käsittelystä lähtien, sillä tietotyyppien muunnoksia, sarakkeiden jatkuvia uudelleennimeämiä ja turhia muistinvarauksia on paljon. Tämän työn aikana poistumistietomenetelmää nopeutettiin modernimpia tietotyyppieä käyttämällä ainakin 20-kertaiseksi, mutta nopeutusta on edelleen mahdollista tehdä.

Väyläkohtaisen kuormitustiedon muodostaminen on ongelmallista Joren reittimuotojen vuoksi, sillä kaksi samaa katuä kulkevaa joukkoliikennelinjaa ei välttämättä ole geometriatasolla piirretty samalla tavalla, jonka vuoksi kuormitustiedot eivät summaudu väylä-

kohtaisessa tarkastelussa. Tämä aiheuttaa ensinnäkin sen, ettei kuormituskartoissa pysty summaamaan saman linjan kahta eri suuntaa. Lisäksi yhdellä kadunosalla ei ole aina yhtä kuormitustietoa yhteen suuntaan, vaan niitä voi olla useita, mikäli linjat eivät ole summautuneet keskenään. Aluksi kannattaa selvittää, voiko paikkatietomenetelmillä yhdistää kuormitusmenetelmän luomia linjoja, vaikka geometriat eivät täysin kohtaakaan. Toinen vaihtoehto on Joren käytänteiden kehittäminen, joka on paljon raskaampi vaihtoehto eikä auta menneiden vuosien aineistojen kanssa.

Mikäli halutaan, että kuormitusmenetelmän matkustussuoritteet kuvaavat vain pääkaupunkiseudun tai HSL-alueen asukkaiden liikkumista, tulisi jo aineistoa käsitellessä ottaa huomioon matkustajien asuinkunta. L-infon tapauksessa asuinkunta on merkitty matkakortille. Avoinen rahastusjärjestelmien liikennemuodoissa voidaan hyödyntää HSL:n lippulajitutkimusten tuloksia, joissa asuinkuntajakaumaa on selvitetty liikennemuodoittain ja -linjoittain.

Raitiovaunujen mittausaste oli joukkoliikennelinjoista huonoin. Tulevina vuosina tulisi keskittyä lisäämään raitiovaunujen matkustajalaskentalaiteistoa, mikäli aineiston tarkkuus halutaan samalle tasolle muiden aineistojen kanssa. Kuormitusmenetelmän tarkkuutta on vaikea arvioida nykyisellään, sillä sen sisältämien aineistojen luotettavuus vaihtelee paljon kulkumuodosta toiseen.

Liikkumistutkimuksissa tulee jatkossakin kysyä, kuinka pitkiä matkojen vastaajat tekivät. Kysymys mahdollistaa matkustussuoritteen laskemisen myös liikkumistutkimuksen aineistosta ja vertailun kuormitusmenetelmän kanssa kuten kuvassa 6.2 on näytetty. Matkan pituuden arviointi on vastauksia analysoitaessa osoittautunut vaikeaksi, mutta kartta- ja reittisovellusten tuominen osaksi kyselytutkimusta voi auttaa.

Bussiliikenteen nousijamääriä arvioidaan korottamalla matkalipputapahtumien lukumääriä linjakohtaisilla korotuskertoimilla kuten kappaleessa 3.1.1 kerrottiin. Kyseisten korotuskertoimien todenperäisyyttä on mahdollista arvioida matkalippujen tarkastajien keräämällä aineistolla, sillä tarkastuksessa otetaan talteen sekä lipulla että liputta matkustavien asiakkaiden lukumäärä. (Keskustelu, Jari Kujanpää, tietojärjestelmäsuunnittelija, ja Nina Ruisniemi, suunnittelija, HSL, 25.4.2017) Nykyiset korotuskertoimet ovat olleet melko kauan käytössä, joten kertoimien päivitys voi näkyä jyrkkänä muutoksena tilastoissa.

Taulukko 6.4: Joukkoliikenteen matkustajamäärät laskentalinjoittain ja -pisteittäin syysar-
kipäivänä vuonna 2014. Laskentatulokset raportista Lilleberg & Hellman (2015)

Laskentalinja ja -piste	Joukkoliikenne		Virhe	
	Laskennoista	Menetelmästä	Absoluuttinen	Suhteellinen
Niemen raja				
1. Lauttasaaren silta	20700	22124	1424	6,9 %
2. Lapinlahden silta	39100	42736	3636	9,3 %
3. Merikannontie	0	0	0	0,0 %
4. Mechelininkatu	650	480	-170	-26,2 %
5. Runeberginkatu	32200	31449	-751	-2,3 %
6. Töölönkatu	0	0	0	0,0 %
7. Mannerheimintie	52400	46963	-5437	-10,4 %
8. Linnunlaulu	94450	85832	-8618	-9,1 %
9. Pitkäsilta	59750	62646	2896	4,8 %
10. Hakaniemen silta	2750	692	-2058	-74,8 %
Läntinen poikittaislinja				
1. Kehä I, läntinen	4980	5004	24	0,5 %
2. Pirkkolantie	17070	17206	136	0,8 %
3. Metsäläntie	2360	1633	-727	-30,8 %
4. Hakamäentie	6000	6928	928	15,5 %
5. Nordenskiöldinkatu	20110	18290	-1820	-9,1 %
Itäinen poikittaislinja				
1. Kehä I, itäinen	9230	6114	-3116	-33,8 %
2. Viikintie	17660	13369	-4291	-24,3 %
Kantakaupungin raja				
1. Länsiväylä	43000	47049	4049	9,4 %
2. Meilahden silta	0	0	0	0,0 %
3. Munkkiniemen silta	29300	27123	-2177	-7,4 %
4. Mannerheimintie	34750	32371	-2379	-6,8 %
5. Ilmalankatu	1300	5774	4474	344,2 %
6. Rantarata	66850	64458	-2392	-3,6 %
7. Veturitie	250	219	-31	-12,4 %
8. Päärata	74300	67040	-7260	-9,8 %
9. Ratapihantie	3800	5615	1815	47,8 %
10. Mäkelänkatu	32650	34927	2277	7,0 %
11. Hämeentien silta	43800	42484	-1316	-3,0 %
12. Hermannin rantatie	0	2493	2493	–
13. Kyläsaarenkatu	0	0	0	0,0 %
14. Kulosaaren silta	10050	12627	2577	25,6 %

Luku 7

Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli kehittää uusi menetelmä, jolla arvioidaan pääkaupunkiseudun ja HSL-alueen sisällä vuosittain tehtyjen matkojen kulkutapaosuuksia. Menetelmän tuli olla riippumaton liikkumistutkimuksen aineistoista tai niihin tukeutuvista menetelmistä kuten liikenne-ennustemallista ja sen aineistojen tuli olla mahdollisimman automaattisesti kerättäviä. Jotta menetelmän kehittäminen onnistuisi, tuli aluksi tutustua käytettävissä oleviin aineistoihin. Lisäksi tavoite oli antaa ehdotuksia niin mahdollisen menetelmän kuin aineistojenkin kehittämiseksi.

HSL kerää lukuisia matkustajalaskenta-aineistoja joukkoliikennevälineistä. Bussien nousijoita tutkitaan matkalipputapahtumien avulla, jotka saadaan L-info-tietokannasta. Matkalipputapahtumiin talletetaan vain nousua koskevia tietoja, mutta poistumistiedot voidaan johtaa tarkoitukseen kehitetyllä poistumistietomenetelmällä. Avoimen rahastusjärjestelmän joukkoliikennemuodoissa on käytössä kolme erilaista mittaustapaa: runkolinjoilta, raitiovaunuista ja lähijunista löytyy liikennevälinekohtaiset automaattiset laskentalaitteet, metrossa on metroasemakohtaiset automaattiset laskentalaitteet ja Suomenlinnan lautalla matkustajia lasketaan käsin. Uusissa M300-metrojunissa on myös liikennevälinekohtaiset laskentalaitteet.

Liikennevirasto ja ELY-keskukset sekä kunnat ja kaupungit tuottavat tieliikenteen liikenne-laskenta-aineistoja. Liikennevirasto ja ELY-keskus mittaavat maanteiltä muun muassa koko vuoden arkiliikenteen keskiarvoa ja pääkaupunkiseudun kaupungit mittaavat maanteilla ja katuverkolla syksyn arkiliikenteen keskiarvoa. Useat tahot ovat tutkineet lisäksi henkilöauton keskiuormitusta. Useat eri lähteet viittaavat siihen, että keskiuormitus pääkaupunkiseudulla on noin 1,3 henkilöä/auto. Kaupungit mittaavat tieverkolla lisäksi pyöräilijöitä ja jalankulkijoita. Mittauspisteitä on kuitenkin huomattavasti harvemmassa kuin autoliikenteen laskentapisteitä.

Tässä työssä onnistuttiin kehittämään kuormitusmenetelmä, joka laskee pääkaupunkiseudun sisällä joukkoliikenteen ja henkilöautoliikenteen matkustussuoritteen. Matkustussuorite muodostettiin kertomalla tienosan pituus ja sitä vastaava joukkoliikenteen tai autoliiken-

teen kuormitus ja summaamalla koko tieverkoston yli. Autoliikenteen kuormitus saatiin suoraviivaisesti kertomalla liikennelaskentojen tulokset henkilöauton keskiukuormituksella. Joukkoliikennettä varten kehitettiin täysin uusi kuormitusprofiiliaineisto. Kuormitusprofiiliaineisto sisältää jokaiselle joukkoliikennelinjalle syksyn keskimääräisen arkipäivän kuormitusprofiilin eli montako matkustajaa linjoilla matkustaa pysäkinväleittäin.

Saatavilla olevista aineistosta käytettiin joukkoliikenteen matkustajalaskenta-aineistoja metroa lukuun ottamatta, sillä sen aineistoja ei voitu hyödyntää. Joukkoliikenteen matkustajalaskenta-aineistot yhdistettiin joukkoliikenteen perusrekisterin linja-, pysäkki- ja paikkatietoaineistoihin. Autoliikenteen puolella käytettiin pääkaupunkiseudun kuntien liikennelaskentoja, sillä ne on mitattu tiheämmältä katuverkolta kuin Liikenneviraston ja ELY-keskusten laskennat. Kaikilla aineistoilla pyrittiin kuvaamaan syksyn 2014 liikennetilannetta. Aineistot yhdistettiin ja vietiin paikkatiedoksi R-ohjelmalla. Matkustussuoritteet laskettiin QGIS-paikkatieto-ohjelmassa.

Kuormitusmenetelmä antaa joukkoliikenteen matkustussuoritteeksi 6 172 270 hlökm/vrk ja autoliikenteen matkustussuoritteeksi 18 689 300 hlökm/vrk vuonna 2014. Joukkoliikenteen kulkutapaosuus on 25 %. Kuormitusmenetelmällä voidaan myös luoda linja- ja väyläkohtaisia kuormituskarttoja. Niillä voidaan tarkastella ja vertailla eri joukkoliikennelinjojen kuormitusta pysäkinväleittäin tai tutkia eri teiden tai katujen joukkoliikennemääriä. Tällainen paikkatieto ei ole ollut aiemmin näin helposti liikennesuunnittelijoiden saatavilla.

Kuormitusmenetelmä osoittautui toimivaksi tavaksi arvioida joukkoliikenteen ja henkilöautoilun suosiota. Tuloksia verrattiin Helsingin kaupungin ja HSL:n yhteisiin henkilöliikennelaskentoihin sekä vuoden 2012 liikkumistutkimukseen. Tulokset olivat suuruusluokaltaan samoja molemmissa vertailuissa. Tarkka arviointi on vaikeaa, sillä henkilöliikennelaskennat sisältävät itsessään epätarkkuuksia ja liikkumistutkimusten tutkimusasetelma on taas erilainen kuormitusmenetelmään verrattuna.

Lisäksi pohdittiin kuormitusmenetelmän tuloksien yhteneväisyyttä liikkumistutkimuksen tuloksiin. Kuormitusmenetelmä tuottaa kulkutapaosuudet matkustussuoritteista ja liikkumistutkimus matkojen määrästä. Vaikka työssä onnistuttiin tunnistamaan menettelytapa matkustussuoritteiden muuttamiseksi matkojen määräksi, sitä ei sovellettu käytännössä. Muunnos vaatii paljon oletuksia ja lisää tutkimustietoa.

Työn aikana tuli esiin useita kehitysehdotuksia, joilla menetelmää tai sen käyttämiä aineistoja voidaan parantaa. Seuraavia kehityskohteita voivat olla esimerkiksi

1. autoliikenteen liikennemäärä-aineiston piirtäminen samalla geometrialla kuin joukkoliikenteen aineisto,
2. autoliikenteen liikennemäärän koostumuksen (henkilöauto, pakettiauto, moottoripyörä) tarkempi analysointi,
3. automaattisten laskentalaitteiden aineistojen haku pysyvällä raporttipohjalla,

4. kuormitusmenetelmän soveltaminen muina vuosina ja muuttuneiden aineistojen soveltuvuuden testaaminen
5. poistumistietomenetelmän tehostaminen
6. kuormitusprofiilien tarkempi yhdistäminen joko paikkatietomenetelmillä tai suunnittelukäytäntöjä uudistamalla,
7. joukkoliikennematkustajien rajoittaminen kuntalaisuuden tai matkan päätepisteiden mukaan,
8. raitiovaunujen mittausasteen parantaminen,
9. matkan pituuden sisällyttäminen vuoden 2018 liikkumistutkimukseen tai
10. bussiliikenteen korotuskertoimien päivitys matkalippujen tarkastusaineistoilla.

Kuormitusmenetelmä vaikuttaa uskottavalta lähestymistavalta erityisesti joukkoliikenteen kehityksen seuraamiseen. Menetelmä on sovellettavissa kaikille kaupunkiseuduille, joissa saadaan tietoa joukkoliikennelinjojen kuormituksista ja autoliikenteen liikennemääristä. Mikäli autoliikenteestä ei ole saatavissa tietoja, kuormitusmenetelmää voidaan käyttää vain joukkoliikennelinjojen kuormitusten analysoimiseen.

Liikennetiedon kerääminen kehittyi koko ajan ja liikennejärjestelmä on suuren murroksen edessä. Tulevaisuuden tiedonkeruumenetelmät kuten lisääntyvät automaattiset matkustajalaskentalaitteet ja GPS-paikannus tuottavat lisää aineistoja, jotka voivat joko parantaa tässä työssä kehitettyä menetelmää tai jopa korvata sen kokonaan. Tämä diplomityö kuitenkin onnistui tavoitteissaan ja kuormitusmenetelmä on hyvä apuväline nykyaikaisen joukkoliikennejärjestelmän suunnittelussa.

Kirjallisuusluettelo

- Espoon kaupunki. 2006. *Ajoneuvoliikenne Espoossa 2005*. Raportti. Espoon kaupunkisuunnittelukeskuksen tutkimuksia ja selvityksiä B 76:2006. ISBN 951-857-481-2. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. <http://www.espoo.fi/download/noname/%7B01CADF38-25CA-4C11-ACAA-BBA1AF20D39A%7D/15713>.
- Espoon kaupunki. 2016. *Liikenne Espoossa 2015*. Raportti. Espoon kaupungin kaupunkisuunnittelukeskuksen liikennesuunnitteluyksikkö. ISBN 978-951-857-726-6. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. <http://www.espoo.fi/download/noname/%7B731663C5-BED5-44B8-831B-9077F5AD3BFF%7D/76276>.
- GVB. 2016. *Samen naar een hogere versnelling: Jaarverslag GVB Holding NV*. Tilinpäätös. Viitattu 4. heinäkuuta 2017. <https://over.gvb.nl/organisatie/jaarverslagen-2016>.
- Hellman, Tuija. 2004. *Henkilöautojen keskikuormitus Helsingissä vuonna 2004*. Muistio. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosasto. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. https://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/Liikennesuunnittelu/Liikennetutkimus/henkilöautojen_keskikuormitus_2004.pdf.
- Hellman, Tuija. 2012. *Henkilöautojen keskikuormitus niemen rajalla Helsingissä vuonna 2012*. Muistio. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosasto, 16. marraskuuta. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. https://www.hel.fi/hel2/ksv/Aineistot/Liikennesuunnittelu/Liikennetutkimus/henkilöautojen_keskikuormitus_2012.pdf.
- Hellman, Tuija. 2013. *Henkilöliikenteen kuormitus kantakaupungissa vuonna 2013*. Muistio. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosasto.
- Hellman, Tuija. 2015. *Henkilöautokuormituksia*. Excel-taulukko. Välittänyt Petri Blomqvist, Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosasto. Päivitetty 24.11.2015.
- Helsingin kaupunki. 2015. *Liikenteen kehitys Helsingissä vuonna 2014*. Esite. Helsinki suunnittelee 2015:3. ISSN 0787-9075. Viitattu 7. heinäkuuta 2017. https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/esitteet/esite_2015-3.pdf.

- Helsingin kaupunki. 2016a. *Helsinkiäisten liikkumistottumukset 2016*. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosaston selvityksiä 2016:7. ISSN 0787-9067. Viitattu 28. kesäkuuta 2017. https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los_2016-7.pdf.
- Helsingin kaupunki. 2016b. *Pyöräliikenteen laskennat Helsingissä 2016*. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosaston selvityksiä 2016:5. ISSN 0787-9067. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los_2016-5.pdf.
- HSL Helsingin seudun liikenne. 2010. *Liikkumistottumukset Helsingin seudun työssäkäyntialueella vuonna 2008*. HSL:n julkaisuja 32/2010. ISSN 1798-6184 (pdf). ISBN 978-952-253-059-2 (pdf). Helsinki: YTV Liikenne, Uudenmaan tiepiiri ja Ratahallintokeskus. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/liikkumistottumukset_helsingin_seudun_tyossakayntialueella_vuonna_2008_nettti_7.9.2012.pdf.
- HSL Helsingin seudun liikenne. 2012. *HLJ 2015: Liikkumistottumukset Helsingin seudulla 2012*. Aineisto.
- HSL Helsingin seudun liikenne. 2013. *HLJ 2015: Liikkumistottumukset Helsingin seudulla 2012*. Raportti. HSL:n julkaisuja 27/2013. ISSN 1798-6184 (pdf). ISBN 978-952-253-214-5 (pdf). Viitattu 9. heinäkuuta 2017. https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/liikkumistottumukset_helsingin_seudulla_2012_hlj2015_raportti_0.pdf.
- HSL Helsingin seudun liikenne. 2017. ”Seurantatutkimukset: Matkustajamäärät”. Viitattu 1. maaliskuuta 2017. <https://www.hsl.fi/tutkimukset/seurantatutkimukset>.
- HSLH Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymän hallitus. 2016. *Toiminta- ja taloussuunnitelma 2017–2019*. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. https://www.hsl.fi/sites/default/files/hsl_-_toiminta-_ja_taloussuunnitelma_2017-2019.pdf.
- Hyrynen, Iituliina. 2017. *Liikennelaskentojen koordinointi (LIKO) -ryhmän pöytäkirja*. Kokous 1/2017, 8.3.2017, Helsinki.
- Kalenoja, Hanna & Kiiskilä, Kati. 2010. *Oulun seudun liikennetutkimus 2009: Liikenteen nykytila Oulun seudulla*. Yhteenvetoraportti. Oulun seutu, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus ja Liikenne- ja viestintäministeriö. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=ac7b5010-1696-4ff3-999d-1919f8ebda5c&groupId=173371.

- Kalenoja, Hanna & Tiikkaja, Hanne. 2013. *Tampereen kaupunkiseudun ja Pirkanmaan liikennetutkimus 2012: Henkilöliikennetutkimus*. Tampere: Tampereen kaupunkiseudun kuntayhtymä, Pirkanmaan liitto, Pirkanmaan ELY-keskus, Tampereen kaupunki ja Liikenne- ja viestintäministeriö. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. http://maakuntakaava2040.pirkanmaa.fi/sites/default/files/Tampereen_seudun_liikennetutkimus_2012.pdf.
- Kiiskilä, Kati & Tuominen, Janne & Saastamoinen, Kimmo. 2016. *Liikenneviraston liikennelaskentajärjestelmä: Päivitetty järjestelmäkuvaus*. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 36/2016. ISSN 1798-6664. ISBN 978-952-317-289-0. Helsinki: Liikennevirasto. Viitattu 2. maaliskuuta 2017. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2016-36_liikenneviraston_liikennelaskentajarjestelma_web.pdf.
- Koponen, Ville. 2014. ”Joukkoliikenteen käyttäjämäärien estimointi matkakorttiaineistosta”. Diplomityö, Aalto-yliopisto. Viitattu 1. maaliskuuta 2017. <http://sal.aalto.fi/publications/pdf-files/tkop14.pdf>.
- Liikenne- ja viestintäministeriö & Tiehallinto & Ratahallintokeskus. 2006. *Henkilöliikennetutkimus 2004–2005*. ISBN 951-803-682-9. Liikenne- ja viestintäministeriö, Tiehallinto ja Ratahallintokeskus. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. http://www2.liikennevirasto.fi/hlt20042005/htl04_loppuraportti.pdf.
- Liikenneministeriö. 1999. *Henkilöliikennetutkimus 1998–1999*. Virpi Pastinen / Viatek Oy. Liikenneministeriön julkaisuja 43/99. ISBN 951-723-269-1. ISSN 0783-2680. Helsinki: Liikenneministeriö. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/147705/HLT98-99_loppuraportti.pdf/8f8a0842-5585-43d9-b5ed-aa5823270a2b.
- Liikennevirasto. 2012. *Henkilöliikennetutkimus 2010–2011: Suomalaisten liikkuminen*. ISBN 978-952-255-103-0. Liikennevirasto. Viitattu 1. maaliskuuta 2017. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lr_2012_henkiloliikennetutkimus_web.pdf.
- Lilleberg, Irene & Hellman, Tuija. 2002. *Liikenteen kehitys Helsingissä vuonna 2001*. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston julkaisuja 2002:6.
- Lilleberg, Irene & Hellman, Tuija. 2010. *Liikenteen kehitys Helsingissä vuonna 2009*. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosaston selvityksiä 2010:1. ISSN 0787-9024. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los_2010-1.pdf.
- Lilleberg, Irene & Hellman, Tuija. 2015. *Liikenteen kehitys Helsingissä vuonna 2014*. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosaston selvityksiä 2015:4. ISSN 0787-9067. Viitattu 7. heinäkuuta 2017. https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los_2015-3.pdf.

- Luukkonen, Terhi. 2011. *Pyöräilyn ja kävelyn laskennat – ohjeita käytännön työhön*. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 50/2011. ISSN 1798-6664. ISBN 978-952-255-066-8. Helsinki: Liikennevirasto. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2011-50_pyorailyn_ja_kavelyn_web.pdf.
- Nikula, Noora. 2013. ”VR-lähiliikenteen matkustajamäärien estimointi sekä matkan pituuk-sien mallintaminen automaattisilla matkustajalaskentalaiteilla kerättyjen näytteiden perusteella”. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto. Viitattu 1. maaliskuuta 2017. <http://hdl.handle.net/10138/39283>.
- Rytkönen-Halonen, Suvi. 2016. ”Liikenteen seurannan kehittäminen Vantaan kaupungilla”, HAMK Hämeen ammattikorkeakoulu. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016121620821>.
- Strafica Oy. 2009. *Turun kaupunkiseudun henkilöliikennetutkimus 2008*.
- Tie- ja vesirakennushallitus. 1977. *Henkilöliikennetutkimus: Näin me liikuimme 1974*. TVH 713183. Sarja A:3/1997. ISBN 951-46-1632-4. Helsinki: Tie- ja vesirakennushallituksen talousosaston tutkimustoimisto. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/147705/HLT_1974.pdf/c7464755-9995-4f14-bf0e-f3cd6b1244f2.
- Tie- ja vesirakennushallitus. 1982. *Näin liikuttiin vuonna 1980: Tutkimus henkilöiden päivittäin tekemistä matkoista*. TVH 713204. Sarja A:2/1982. ISBN 951-46-5511-7. Tie- ja vesirakennushallituksen talousosaston tutkimustoimisto. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/147705/HLT_1980.pdf/90cd02cf-70e8-4515-83b3-b5aecaa4bedc.
- Tie- ja vesirakennushallitus. 1988. *Henkilöliikennetutkimus 1986*. TVH 713422. Sarja A:1/1988. ISBN 951-47-1606-X. Tie- ja vesirakennushallituksen talousosaston tutki-mustoimisto. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/147705/HLT_1986.pdf/a1f74121-af60-42df-91f8-3123b6e62170.
- Tielaitos. 1993. *Henkilöliikennetutkimus 1992*. Tielaitoksen selvityksiä 58/1993. TIEL 3200183. ISSN 0788-3722. ISBN 951-47-8104-X. Helsinki: Tielaitoksen tutkimuskeskus. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/147705/HLT_1992.pdf/85891fc9-960b-411f-adb2-24ca9b1324a0.
- Translink. 2017. ”OV-chipkaart: How does travelling work?” Viitattu 4. heinäkuuta 2017. <https://www.ov-chipkaart.nl/everything-about-travelling/how-does-travelling-work-1.htm>.
- Transport for London. 2017a. ”Bus & tram”. Viitattu 4. heinäkuuta 2017. <https://tfl.gov.uk/fares-and-payments/fares/bus-and-tram>.

- Transport for London. 2017b. "Touching in and out". Viitattu 4. heinäkuuta 2017. <https://tfl.gov.uk/fares-and-payments/oyster/using-oyster/touching-in-and-out>.
- Transport for London. 2017c. "Travelcard survey". Viitattu 4. heinäkuuta 2017. <https://tfl.gov.uk/corporate/about-tfl/how-we-work/planning-for-the-future/consultations-and-surveys/travelcard-survey>.
- Transport for London. 2017d. "Tube and rail fares". Viitattu 4. heinäkuuta 2017. <https://tfl.gov.uk/fares-and-payments/fares/tube-dlr-lo-fares>.
- YTV Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. 2009. *Pääkaupunkiseudun työssäkäyntialueen ajoneuvoliikenteen määräpaikkatutkimus 2008*. YTV:n julkaisuja 24/2009. ISSN 1796-6965. ISBN 978-951-798-764-6. Helsinki: YTV Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. Viitattu 9. heinäkuuta 2017. https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/ajoneuvoliikenteen_maarapaikkatutkimus.pdf.

Liite A

Taulukot

Tässä liitteessä esitellään tarkempia taulukoita henkilöauton keskikuormituksesta. Näihin taulukoihin viitataan kappaleessa 2.4.

Taulukko A.1: Henkilöauton keskikuormitus matkoista laskettuna matkatyyppin mukaan vuoden 1986 valtakunnallisesta henkilöliikennetutkimuksesta. (Tie- ja vesirakennushallitus 1988)

Matkatyyppi	Keskikuormitus
Kotiperäiset matkat	
Työmatka	1,4
Työasiointi	1,5
Koulu	2,2
Päivittäisostos	1,9
Muu ostos	2,1
Asiointi	1,8
Huvi	2,3
Vierailu	2,2
Muu	2,1
Ei-kotiperäiset matkat	
Työasiointi	1,4
Muu	2,0
Keskiarvo	1,9

Taulukko A.2: Henkilöauton keskipuoritus matkoista laskettuna matkatyyppin mukaan vuoden 1992 valtakunnallisesta henkilöliikennetutkimuksesta. (Tielaitos 1993)

Matkatyyppi	Keskipuoritus
Kotiperäiset matkat	
Työmatka	1,20
Ostos/asiointi	1,63
Vapaa-ajan	1,90
Muut	1,73
Ei-kotiperäiset matkat	1,62
Keskiarvo	1,59

Taulukko A.3: Henkilöauton keskipuoritus matkan pituudella painotettuna vuoden 1998–1999 valtakunnallisesta henkilöliikennetutkimuksesta. (Liikenneministeriö 1999)

Matkan tarkoitus	Keskipuoritus
Työ/koulu/opiskelu	1,17
Työasia	1,79
Ostos/asiointi	1,79
Mökkimatkat	2,10
Vapaa-aika	2,22
Keskiarvo	1,8

Taulukko A.4: Henkilöauton keskipuoritus matkan pituudella painotettuna vuosien 2004–2005 ja 2010–2011 valtakunnallisista henkilöliikennetutkimuksista. (Liikenne- ja viestintäministeriö et al. 2006; Liikennevirasto 2012)

Matkan tarkoitus	2004–2005	2010–2011
Työ	1,2	1,1
Koulu, opiskelu	1,4	1,6
Työasia	1,3	1,3
Ostos, asiointi	1,8	1,7
Vierailu	2,2	1,9
Mökki	2,0	1,9
Muu vapaa-aika	2,2	2,2
Keskiarvo	1,8	1,7

Taulukko A.5: Henkilöauton keskipuoritus vuorokaudessa Helsingin niemen rajalla. (Hellman 2004, 2012, 2015)

Laskentapiste	1987	1991	1996	1997	2004	2012
1. Lauttasaaren silta	1,27	1,29		1,29	1,28	1,30
2. Lapinlahden silta	1,25	1,31		1,28	1,27	1,27
3. Merikannontie	1,41			1,30*	1,28*	1,28*
4. Mechelininkatu	1,24	1,33	1,34	1,34	1,28	1,30
5. Runeberginkatu	1,29			1,30*	1,28*	1,28*
6. Töölönkatu	1,35			1,30*	1,28*	1,28*
7. Mannerheimintie	1,31	1,49	1,56	1,48	1,46	1,37
8. Pitkäsilta	1,32	–	1,45	1,46	1,43	1,38
9. Hakaniemen silta	1,29	1,34		1,39	1,38	1,32
Yhteensä	1,32	1,35		1,35	1,33	1,31

* Arvio

Taulukko A.6: Henkilöauton keskipuoritus vuorokaudessa Helsingin kantakaupungin rajalla. (Hellman 2013)

Laskentapiste	1993	2013
1. Länsiväylä		1,27
2. Meilahden silta		1,30*
3. Munkkiniemen silta		1,30
4. Mannerheimintie		1,34
5. Ilmalankatu		1,30*
6. Veturitie		1,30*
7. Ratapihantie		1,25
8. Mäkelänkatu		1,32
9. Hämeentien silta		1,32
10. Hermannin rantatie		1,32*
11. Kulosaaren silta		1,23
Yhteensä	1,30	1,29

* Arvio

Taulukko A.7: Henkilöauton keskipaino vuorokaudessa Helsingin poikittaislinjoilla.
(Hellman 2004, 2015)

Laskentapiste	1991	1996	1999	2004
Läntinen poikittaislinja				
Kehä I (Kannelmäki)			1,27	
Pirkkolantie				1,31
Metsäläntie	1,28	1,28	1,19	
Hakamäentie				1,25
Itäinen poikittaislinja				
Kehä I (Myllymestarintie)			1,27*	
Viikintie				1,33

* Kannelmäen mittaus